

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830

BT/PCC/69

**Corrosão das Armaduras
do Concreto:
Mecanismos e Controle**

**Roberto Fernando dos Santos Farias
Yazuko Tezuka**



Escola Politécnica - EPBC



31200053121

São Paulo - 1992

O presente trabalho é uma versão abreviada da dissertação de mestrado apresentada pelo Eng^o Roberto Fernando dos Santos Farias, sob orientação da Prof^a. Dr^a. Yasuko Tezuka: "Corrosão das armaduras do concreto: mecanismos e controle".
A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na Biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica.

Farias, Roberto Fernando dos Santos

Corrosão das armaduras do concreto: mecanismos e controle / R.F. dos S. Farias, Y. Tezuka. -- São Paulo : EPUSP, 1992.

19p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/69)

1. Armaduras de concreto armado (Estruturas) - Corrosão I. Tezuka, Yasuko II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título IV. Série

CDU 624.012.454

ROBERTO FERNANDO DOS SANTOS FARIAS

Engº Civil, Escola Politécnica de Pernambuco, 1975

CORROSÃO DAS ARMADURAS DO CONCRETO:
MECANISMOS E CONTROLE

Orientador: Profª Drª Yazuko Tezuka

Departamento de Engenharia de
Construção Civil da E.P.U.S.P.

São Paulo, 1991

CORROSÃO DE ARMADURAS DE CONCRETO

1 - INTRODUÇÃO

Tradicionalmente o concreto armado é considerado um material durável. E suas armaduras, normalmente de aço, se encontram num ambiente particularmente propício para manutenção de sua passivação e consequentemente protegidas contra a corrosão.

Entretanto, a corrosão das armaduras do concreto já tem causado sérios danos e conduzido a completa ruína diversas estruturas. Tem sido e ainda é um grande problema na construção civil. Entretanto só recentemente tem recebido um tratamento sistemático pelos técnicos.

Este trabalho apresenta as diretrizes consideradas básicas e necessárias para o entendimento do problema de corrosão das armaduras do concreto, as principais causas de despassivação das mesmas, algumas medidas protetoras contra a corrosão, as técnicas usadas para avaliação e controle do processo corrosivo, e um trabalho experimental para determinação da resistividade elétrica do concreto como um parâmetro significativo no controle da taxa de corrosão.

Muito embora os princípios básicos apresentado aqui sejam genéricos para todos os embutidos metálicos no concreto, este trabalho é essencialmente voltado para as armaduras de aço do concreto, que se se rão denominadas apenas de armaduras. O caso do concreto protendido também não é objeto deste trabalho, ainda que muitos dos princípios e diretrizes estabelecidos aqui sejam aplicáveis a este tipo de estrutura.

2 - DEFINIÇÃO

Corrosão é a deterioração ou inutilização para uso, de um material por meio de reações químicas ou eletroquímicas com o meio em que se encontra, podendo ou não haver uma associação de esforços mecânicos. No caso dos metais as reações são essencialmente de natureza eletroquímica. A maioria dos casos de corrosão das armaduras do concreto são do tipo eletroquímica. Este trabalho será exclusivamente dedicado a esse tipo de corrosão.

3 - CORROSÃO DAS ARMADURAS

3.1 Passivação das Armaduras

A elevada alcalinidade da solução aquosa dos poros do concreto favorece a formação e manutenção de um filme de óxido, aderente a superfície do aço, que evita a dissolução anódica dos íons ferrosos e portanto passiva o aço.

A elevada alcalinidade do meio, com pH entre 12,5 a 13,5 é obtida às custas da formação de óxidos básicos durante a hidratação do cimento (11).

Quando o filme de passivação não é formado ou é enfraquecido e destruído, pode haver corrosão.

3.2 Mecanismos de Corrosão das Armaduras

A formação de uma célula eletroquímica ou célula de corrosão depende da existência de quatro componentes. Um anodo, onde ocorre a reação de oxidação ou dissolução; um cátodo onde ocorre a reação de redução; um condutor metálico, onde a corrente elétrica é um fluxo de elétrons; um eletrólito, onde a corrente é um fluxo de íons num meio aquoso.

As áreas anódicas e catódicas surgem como resultado de diferenças de potencial elétrico na superfície das armaduras.

O condutor metálico é o próprio aço das armaduras.

A existência do eletrólito, o condutor de íons, é a condição que permite o contato das armaduras com a fase aquosa.

O fluxo de elétrons e íons - a corrente de corrosão - é uma medida direta da corrosão do aço.

Os parâmetros que determinam se a corrosão é ou não possível, ou seja, a termodinâmica da reação, são o pH da solução (pH do eletrólito) e o potencial eletroquímico existente na superfície do aço (22).

Os parâmetros que determinam a velocidade ou taxa de corrosão, ou seja, a cinética da reação, são a resistividade elétrica do eletrólito (concreto, no caso) e a disponibilidade de oxigênio.

Para ocorrer o processo de corrosão deve existir, como já foi dito, um circuito elétrico completo entre as áreas anódicas e catódicas do aço. Reunindo todas as informações já expostas, o esquema de corrosão das armaduras no concreto pode ser representado pelo modelo físico ilustrado na Figura 1. Na superfície do aço podem surgir áreas anódicas decorrentes da despassivação do aço favorecendo a reação de oxidação ou dissolução do ferro $\text{Fe} \rightleftharpoons \text{Fe}^{++} + 2\text{e}^-$ e libe-

ração de elétrons para as regiões catódicas. Os pontos de despassivação podem ser generalizados e formar macro ou micro células com as áreas passivadas que atuam como cátodos. A relação entre a área anódica e a área catódica influencia diretamente na taxa de corrosão.

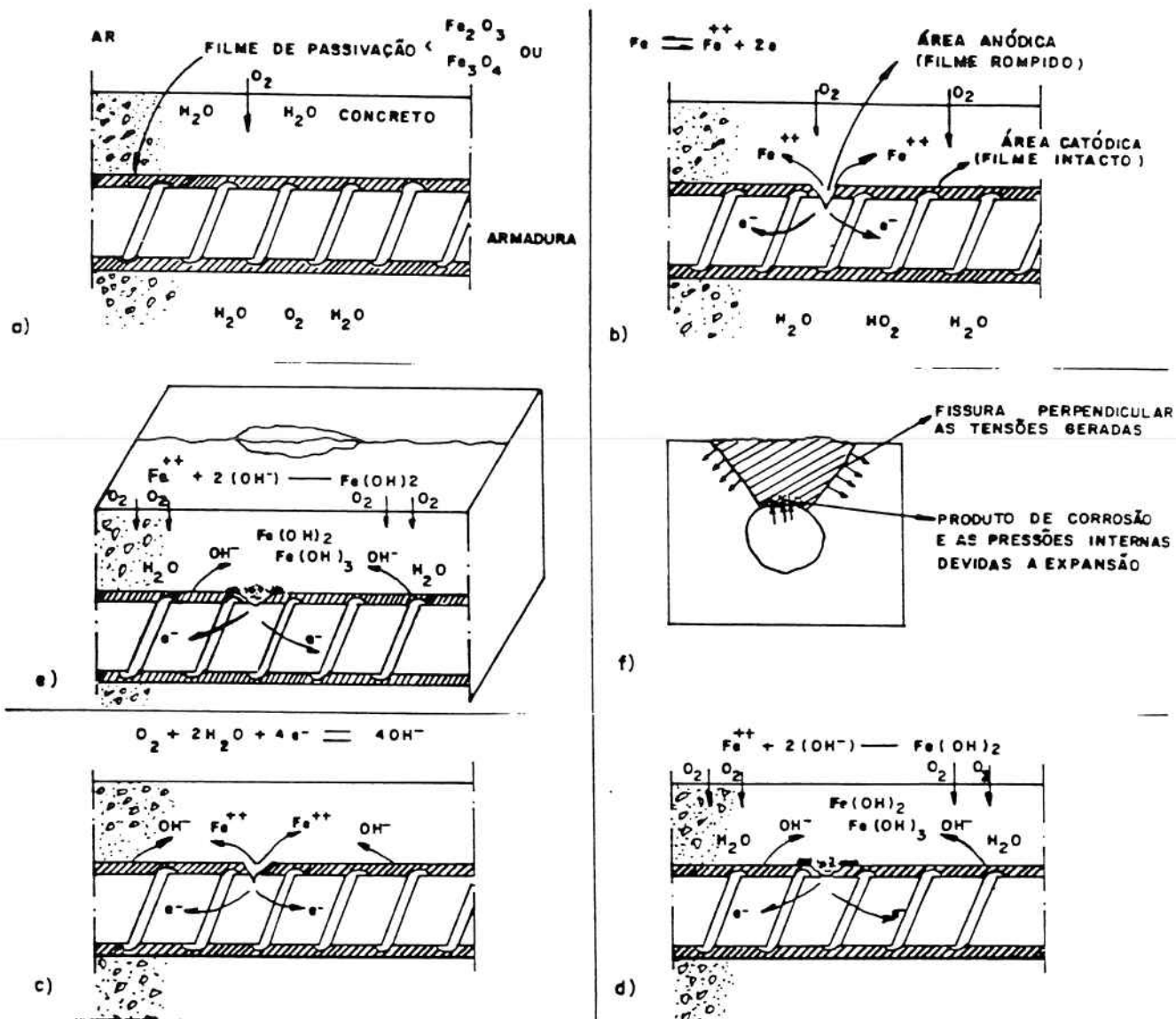


Fig. 1 - Modelo físico para a corrosão das armaduras do concreto.

3.3 Principais Fatores de Despassivação das Armaduras

Sendo a despassivação do aço a primeira etapa no processo corrosivo das armaduras, a carbonatação e o ataque por cloretos devem ser considerados prioritários nesta avaliação.

A carbonatação, ou também conhecida como neutralização do concreto é um fenômeno químico que ocorre na superfície do concreto e

prossegue durante anos para o interior do concreto. O hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ que é liberado na hidratação do cimento, combina-se com o gás carbônico (CO_2) do ar atmosférico para formar o carbonato de cálcio (CaCO_3), insolúvel em água, que se deposita nos poros do concreto, fechando-os (6).



A carbonatação da pasta de cimento reduz substancialmente a alcalinidade da solução dos poros a valores de pH aproximadamente de 8,5, e portanto despassivando o aço.

O fenômeno da carbonatação e sua influência na corrosão das armaduras já tem sido bastante estudado nos últimos anos e os principais fatores controladores do processo são:

- concentração de dióxido de carbono na atmosfera;
- permeabilidade do concreto e disposição dos poros;
- teor de umidade do cobrimento;
- temperatura;
- capacidade reativa do concreto com o CO_2 (teor de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e álcalis).

Os íons cloretos podem ser introduzidos no concreto de várias maneiras (2) e não devem ser considerados da mesma forma, exatamente pelas diferenças devidas a suas origens (1). Importa saber se os cloretos estão presentes no cimento ou na água, se eles estão nos agregados ou nos aditivos.

O processo de corrosão das armaduras compreende dois estágios. No primeiro estágio, chamado de ativação, atração ou incubação(36), os íons cloretos presentes no concreto ou proveniente do meio externo se aproximam das armaduras. Uma vez que a concentração desses íons atinja um determinado valor nas proximidades das armaduras, o processo corrosivo pode ser acionado e então se inicia o segundo estágio, cinético, que é chamado de corrosão ativa ou desenvolvimento de produtos de corrosão (36). O domínio completo do processo exigiria um conhecimento de todos os parâmetros e mecanismos desses dois estágios e sobre os valores críticos ou limites da concentração desses íons agressivos, no caso os cloretos.

Tanto os óxidos de ferro em seus vários estágios de oxidação como os cloretos de ferro complexos podem conduzir a tensões internas decorrentes da expansão gerada por esses produtos.

FeCl_2 e FeCl_3 são mais expansivos que $\text{Fe}(\text{OH})_2$, Fe_3O_4 ou Fe_2O_3 . Por isso a fissuração decorrente da corrosão por cloretos é bastan-

te agravada.

Finalizando este item a respeito da despassivação do aço, é importante ter em mente que tanto a carbonatação como o ataque por cloretos conduzem ao estabelecimento de um potencial eletroquímico (E) mais negativo na interface aço/concreto. Este potencial conduzirá a criação de uma área anódica na superfície do aço e o processo corrosivo pode ser iniciado, uma vez que outras áreas que manterão o filme passivador atuarão como cátodos.

Uma vez que as armaduras estejam despassivadas, serão a resistividade elétrica do concreto e a disponibilidade de oxigênio que governarão o processo corrosivo.

4 - TÉCNICAS EXPERIMENTAIS PARA AVALIAÇÃO DA CORROSÃO

Até recentemente, a corrosão das armaduras do concreto foi mais estudada através da exposição de amostras a ambientes conhecidos, por um longo período de tempo. Tais experiências levavam muitos anos para serem realizadas e a análise da corrosão era feita com a destruição das amostras e medindo a perda em peso do aço, além de observações visuais. As técnicas eletroquímicas foram então ganhando campo para o estudo da corrosão das armaduras. De imediato, algumas vantagens básicas podem ser ressaltadas: (a) pode-se ter uma estimativa da taxa de corrosão atual do aço, e não só a "quantidade" de corrosão acumulada com o tempo. Não é necessário portanto um longo tempo de exposição; (b) as técnicas são extremamente sensíveis permitindo medidas de taxas de corrosão tão baixas quanto 0,01 $\mu\text{m}/\text{ano}$; (c) os ensaios não são destrutivos e portanto podem ser repetidos para tempos e ambientes diferentes. As técnicas podem ser divididas em dois grandes grupos. Os métodos do primeiro grupo são chamados de não-perturbativos pois medem os sinais emitidos pelas armaduras em corrosão sem a aplicação de sinais externos. Neste grupo estão incluídos:

- a) levantamento de potenciais eletroquímicos;
- b) resistência elétrica;
- c) ruído eletroquímico;
- d) resistividade do concreto.

No segundo grupo, cujos métodos são chamados de perturbativos, o observador aplica um sinal externo em D.C. ou em A.C., e mede a resposta do sistema aço/concreto. São perturbativos pois o "equilíbrio" do sistema fica alterado com a aplicação de sinal externo, podendo inclusive ocorrer variações irreversíveis resultantes do estí

mulo aplicado. Neste grupo estão incluídos:

- e) resistência de polarização, ou polarização linear;
- f) polarização potenciodinâmica;
- g) impedância eletroquímica.

5 - PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO DAS ARMADURAS

As medidas protetoras apresentadas a seguir estão mais especificamente voltadas para a fase de projeto e execução de uma estrutura de concreto armado, muito embora possam ser aplicadas em outras fases como na manutenção, reparos ou recuperação de estruturas existentes. Existem, basicamente, cinco tipos de medidas protetoras para minimizar o processo corrosivo das armaduras de concreto:

- a) Modificação do Concreto (2, 34, 41).
- b) Proteção Superficial das Armaduras (2, 4, 13, 20, 25, 34, 41, 46).
- c) Proteção Superficial do Concreto (2, 35, 41).
- d) Uso de Aditivos Inibidores de Corrosão (2, 3, 7, 16, 19, 33, 34, 41).
- e) Modificação da Natureza Eletroquímica da Superfície das Armaduras: Proteção Catódica (14).

As principais características do concreto que devem ser melhoradas são a impermeabilidade e a resistividade elétrica. Quanto mais permeável o concreto, mais facilmente a água é capaz de transportar o oxigênio (dissolvido), e os sais agressivos responsáveis pela despassivação das armaduras. E quanto mais condutivo for o concreto, maior será o fluxo de corrente geradora do processo corrosivo.

A impermeabilidade é uma característica função inversa do fator água/cimento e da porosidade capilar da pasta de cimento do concreto. Quanto menor for a relação água/cimento e a porosidade, maior será a impermeabilidade.

Atualmente a tecnologia do concreto já dispõe de meios para conseguir um concreto de elevada impermeabilidade. Com auxílio de aditivos superplastificantes e adições ativas pode-se obter concretos suficientemente impermeáveis para obras correntes, tendo em vista a proteção das armaduras contra a corrosão.

No caso de obras expostas a meios considerados mais severos, como o ambiente marinho, líquidos e gases agressivos, ambiente industrial com atmosfera altamente agressiva contendo elevada concentração de CO_2 ou SO_2 , por exemplo, medidas especiais devem ser tomadas.

6 - RESISTIVIDADE ELÉTRICA DO CONCRETO

6.1 Importância da Resistividade

Uma vez despassivadas as armaduras, o processo de corrosão será governado pela disponibilidade de oxigênio e pela resistividade elétrica do concreto (18, 22, 33). A resistividade elétrica do concreto tem sido objeto de uma série de estudos (10, 12, 17, 20, 21, 22, 23, 26, 29, 30, 31, 37, 38, 40, 42, 44) e os pesquisadores comentam sua importância no processo corrosivo das armaduras (9, 18, 23, 31, 32, 45). O método potencial eletroquímico tem sido aceito como um meio confiável para localizar as áreas anódicas, porém não informa sobre a gravidade do problema. As armaduras despassivadas podem estar corroendo a uma taxa já elevada ou pode estar corroendo lentamente. Esta informação está diretamente ligada a vida útil da estrutura e pode justificar ou não uma ação remediadora. Figg e Mardsen (15) sugeriram os valores da tabela 6.1 a seguir, como uma diretriz a ser usada na análise dos resultados obtidos com o mapeamento de resistividade elétrica numa estrutura.

Tabela 6.1 - Valores de resistividade elétrica medidas em estruturas de concreto para avaliar probabilidade de corrosão.

(Ω cm)	PROBABILIDADE (TAXA DE CORROSÃO)
5.000	Muito elevada
5.000 a 10.000	Elevada
10.000 a 20.000	Moderada a baixa
20.000	Baixa

Vassie (43) já havia sugerido uma tabela semelhante cujos valores são apresentados a seguir, na tabela 6.2, e Browne (8) afirmou que uma corrosão rápida só ocorrerá quando a resistividade do concreto for menor que 5.000 Ω cm.

Outros (39) observaram que num concreto de alta resistividade elétrica (maior que 60.000 Ω cm) o processo de corrosão não existe.

Tabela 6.2 - Valores de resistividade elétrica medidas em estruturas de concreto para avaliar probabilidade de corrosão.

(Ω cm)	PROBABILIDADE (TAXA DE CORROSÃO)
< 5.000	Certeza
5.000 a 10.000	É provável
> 12.000	Não é provável

6.2 Definição

A resistividade elétrica, ou resistência elétrica específica, representada pela letra grega " ρ " é uma grandeza que caracteriza a capacidade do concreto de oferecer ou não resistência à passagem de corrente elétrica e pode ser expressa por (28, 32):

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l} \quad (\Omega \text{ cm}) \quad (6.1) \quad \text{onde}$$

ρ = resistividade elétrica, em $\Omega \cdot \text{cm}$.

R = resistividade elétrica, em Ω .

S = área da seção transversal, em cm^2 .

l = comprimento, em cm.

Pela Lei de Ohm, que estabelece a relação entre uma corrente contínua através de um condutor, a tensão aplicada e a resistência, tem-se:

$$I = \frac{V}{R} \quad (\text{A}) \quad (6.2) \quad \text{ou}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad (6.3), \quad \text{onde}$$

I = corrente elétrica, em A.

V = tensão, em V

R = resistência elétrica, em Ω .

Desta forma:

$$\rho = \frac{V}{I} \cdot \frac{S}{l} \quad (\Omega \text{ cm}) \quad (6.4).$$

6.3 Fatores Influentes

Os fatores que influem na resistividade elétrica do concreto são considerados aqui sob dois aspectos. Fatores intrínsecos ao concre-

to como o tipo de materiais utilizados, a relação entre esses materiais e a idade, que serão chamados de fatores estruturais. E fatores que podem ser ou não considerados intrínsecos, podem estar diretamente ligados e dependentes desses, mas que dizem respeito e condicionam o fluxo de corrente elétrica, como por exemplo a heterogeneidade do concreto, o teor de umidade, e a concentração iônica, e serão chamados de fatores condicionais.

Sobre todos esses atuam os fatores ambientais de temperatura e umidade relativa do ar.

As características do cimento variam consideravelmente durante o processo de hidratação e conseqüentemente fatores tais como o tipo de cimento, relação água/cimento e a idade são de extrema importância, e influenciam diretamente na resistividade elétrica (17, 18, 21, 26, 30, 32). Os fatores estruturais determinam as principais propriedades do concreto como resistência mecânica, permeabilidade, porosidade, absorção, e são responsáveis pelo teor de água livre e concentração de íons nos poros.

A denominação "fatores condicionais" talvez não seja tão abrangente quanto se deseja, mas a sua análise leva em consideração o concreto na sua condição de material heterogêneo sujeito a variações de umidade, e cuja solução aquosa apresenta variações na sua composição química.

O concreto pode ser considerado como um compósito de partículas de agregado numa matriz de pasta de cimento. A corrente elétrica atravessa um volume de concreto por três caminhos possíveis: pela pasta de cimento, pela pasta e agregados em série, e pelos agregados em contato um com o outro.

A resistividade elétrica dos agregados normalmente usados em concretos é da ordem de 10^5 a $10^8 \Omega \text{ cm}$ ou mais (44). A resistividade elétrica do concreto úmido se situa na faixa de 10^3 a $45 \times 10^3 \Omega \text{ cm}$ (17, 18, 27, 32, 37, 44) e a pasta de cimento, também úmida, na faixa de 10^2 a $10^3 \Omega \text{ cm}$ (23, 30, 37, 44). A afirmativa inicial passa a ser: o concreto pode ser considerado como um compósito de partículas não condutoras contidas numa matriz de pasta de cimento condutora ou semi-condutora. Portanto tudo que afetar a resistividade da pasta afetará sobremaneira a resistividade do concreto.

Os mecanismos de condução elétrica é de se esperar que sejam diferentes de acordo com a quantidade de água armazenada no interior da estrutura do concreto.

O concreto seco (0 % de umidade) tem propriedades que mais se aproximam daqueles dos semicondutores.

As primeiras películas de água a medida que cresce a adsorção, fornecem os portadores de carga (condução iônica) de fácil movimento.

Ao atingir o estado de saturação o processo de condução é predominantemente eletrolítico da água intersticial.

Os resultados da pesquisa de Schulte (37) evidenciam que a resistividade elétrica do concreto varia de aproximadamente $10^{10} \Omega \text{ cm}$ para $10^4 \Omega \text{ cm}$ entre 0 % e 100 % de umidade.

Uma vez considerado que no concreto (compósito) a condutibilidade se dá principalmente através da pasta de cimento (matriz), e nesta a contribuição da condução iônica é predominante e máxima quando da saturação dos poros (considerando os poros preenchidos com a água evaporável), a intensidade desta condutibilidade fica dependente da concentração e tipo de íons presentes no eletrólito (29).

6.4 Experiências de Laboratório

As experiências de laboratório foram realizadas com o objetivo de determinar a resistividade elétrica de concretos com características bem representativas dos que são normalmente usados nas construções em concreto armado, utilizando o método de ensaio brasileiro estabelecido pela ABNT.

a) Escolha dos Materiais

Os materiais selecionados para realizar as experiências são normalmente utilizados nas construções do estado da Bahia. O agregado miúdo (areia natural) é proveniente do areal Otomar, cuja composição mineralógica é predominantemente quartzosa, de granulometria fina tendo um módulo de finura médio de 1,86 e massa específica real de $2,63 \text{ g/cm}^3$, com ausência de matéria orgânica e material pulverulento de 1,5 %.

O agregado graúdo é de rocha gnáissica britada com diâmetro máximo de 19,0 mm, módulo de finura médio de 6,95, massa específica real de 2,81, com ausência de argila em torrões e material pulverulento de 1,0 %.

O cimento é o Portland comum CPE-32 com massa específica de $3,14 \text{ g/cm}^3$, finura medida pela peneira $\# 200$ de 1,74 %, cuja análise química se encontra na tabela 6.3 a seguir.

Tabela 6.3 - Análise química do cimento Aratu CPE-32 usado na experiência de laboratório.

DETERMINAÇÃO	PERCENTUAL (%)
Perda ao fogo	2,40
SiO ₂	21,65
Fe ₂ O ₃	3,69
Al ₂ O ₃	4,82
CaO	61,23
MgO	2,08
SO ₃	2,62
Na ₂ O	0,38
K ₂ O	0,46
Resíduo insolúvel	0,83
Óxido de cálcio livre	0,90
0,658 K ₂ O + Na ₂ O	0,68
CaSO ₄	4,45

b) Características dos Concretos

Foram realizadas diversas misturas experimentais e estabelecidos os traços de concreto da tabela 6.4 a seguir.

Tabela 6.4 - Traços de concreto estabelecidos para experiência de laboratório.

DENOMINAÇÃO	A/C	CIMENTO (kg/m ³)	AREIA (kg/m ³)	BRITA (kg/m ³)	ÁGUA (kg/m ³)	ADITIVO (% do cimento)
T-378.19	0,45	378	605	1.354	170	Retard VZ 0,20
T-340.19	0,50	340	650	1.340	170	0,20
T-243.19	0,70	243	757	1.311	170	0,20
T-298.19	0,50 *1	298 *2	676	1.340	164	0,50

*1 - Relação água/cimento + microssílica.

*2 - O consumo de microssílica é de 29,8 kg/m³ e o total de aglomerante (cimento + microssílica) é de 328 kg.

c) Ensaio de Resistividade Elétrica

Neste trabalho não se questiona o método de ensaio. Adotou-se o

método brasileiro NBR-9204: Concreto endurecido, Determinação da resistividade elétrica volumétrica, de dez/1985.

Utilizou-se uma fonte de energia e voltímetro da Fluke modelo 760 A Meter Calibrator e um Multitest da Icel-Kaise para medidas de corrente elétrica.

Inicialmente os ensaios foram realizados estritamente como determina o método, e em seguida foram feitas algumas alterações:

- saturação dos corpos de prova com imersão em água até o momento do ensaio, realizado dentro de uma redoma de vidro para manter a saturação do ambiente, simulando um caso extremo de saturação.
- corpos de prova secos em estufa até peso constante para obter a umidade de 0 %, simulando um caso extremo de estruturas expostas a ambientes secos permanentemente.

Os resultados obtidos foram reunidos na tabela 6.5 a seguir, onde constam as condições de realização dos ensaios.

6.5 Comentários

Os resultados obtidos com os ensaios de laboratório confirmam as informações já conhecidas na literatura disponível e mencionadas no texto deste trabalho. A resistividade elétrica dos concretos ensaiados se encontra na faixa de $4.570 \Omega \text{ cm}$ no estado saturado a $101.430.910 \Omega \text{ cm}$ no estado seco.

Observa-se que no estado de umidade natural dos corpos de prova expostos ao ar e nos corpos de prova saturados existe um aumento proporcional da resistividade elétrica com a idade, sendo esse aumento bem mais acentuado nos corpos de prova saturados, enquanto que no estado seco de umidade 0 % não existe essa correlação definida. Este fato deve-se provavelmente ao fenômeno de condução iônica já iniciado mesmo nos baixos teores de umidade.

No estado completamente seco o mecanismo de condutibilidade elétrica fica dependente exclusivamente da condução eletrônica. A interpretação dos resultados é dificultada pela elevada resistividade dos agregados, e da complexa estrutura interna do concreto formada por compostos de cimentos hidratados cuja resistividade elétrica é difícil de ser medida e por poros que apresentam uma gama muito variada de tamanhos, formas e interligações.

Quando o concreto se encontra numa faixa inicial de saturação, como no caso dos ensaios realizados na umidade natural (0,70 % a 1,82 %), é muito perigoso interpretar os resultados pelo seu valor absoluto. O mecanismo de condução iônica pode estar na fase inicial

Tabela 6.5 - Resumo dos resultados obtidos.

	IDADE (DIAS)	ABSORÇÃO (%)	ÍNDICE DE VAZIOS (%)	Fc28 (MPa)	RESISTIVIDADE ELÉTRICA (Ω cm)			TEMP. AMB. °C	U.R. %
					UMIDADE NATURAL	SECO O % UMIDADE	SATURADO		
T-378.19 A/C = 0,45	28	-	-	42,8	0,90 4.000.100	85.720.400	26.412	25	56
	90	3,23	8,52	-	0,70 4.920.315	83.891.113	32.120	25	65
	19 meses	-	-	-	0,82 5.213.818	84.341.176	34.595	25	70
T-340.19 A/C = 0,50	28	-	-	35,1	0,95 2.110.300	17.430.756	6.630	25	56
	90	3,98	10,75	-	1,03 2.540.603	17.791.498	7.110	25	65
	19 meses	-	-	-	1,14 2.732.886	16.267.178	9.751	25	70
T-243.19 A/C = 0,70	28	-	-	22,1	0,57 3.504.102	93.470.820	4.570	25	56
	90	4,00	12,82	-	0,87 3.580.600	101.430.910	6.740	25	65
	19 meses	-	-	-	0,68 3.788.194	96.310.313	8.427	25	70
T-298.19 c/microsílica A/C = 0,50	28	-	-	41,6	1,75 345.114	5.702.110	13.170	25	56
	90	2,33	7,82	-	1,83 501.603	3.720.714	14.990	25	65
	19 meses	-	-	-	1,58 686.909	4.117.123	16.314	25	70

Umidade natural - Corpo de prova deixado secar ao ar. Umidade variando de 0,57 a 1,83 %.

Saturado - Corpo de prova saturado sob redoma de vidro (U.R. 98 %).

de transferência de carga, e dependendo da estrutura interna do concreto a interligação dos filmes de água pode acontecer a níveis diferentes de umidade para cada concreto. A análise dos resultados de resistividade elétrica do concreto talvez tenha que ser feita através de uma relação entre os ensaios obtidos no estado seco ou no estado natural e no estado saturado, podendo ser chamado de fator condicional. Quanto menor esse fator melhor o concreto quanto a resistividade elétrica.

No caso específico destas experiências de laboratório teríamos os seguintes fatores condicionais apresentados na tabela 6.6.

Desta forma o concreto com microssílica (T-298.19) e relação água/cimento = 0,50 seria considerado o que melhor atende às condições de resistividade elétrica, em seguida seria o traço T-378 com A/C = 0,45, o T-340.19 com A/C = 0,50, e por último o traço T-243.19 com A/C = 0,70.

Tabela 6.6 - Fatores condicionais de resistividade elétrica dos concretos ensaiados.

IDADE	TRAÇO	A/C	FATOR CONDICIONAL *1	MENOR VALOR
28 dias	T-378.19	0,45	151,45	-
	T-340.19	0,50	318,29	-
	T-243.19	0,70	737,70	-
	T-298.19	0,50	26,20	26,20
90 dias	T-378.19	0,45	153,18	-
	T-340.19	0,50	357,33	-
	T-243.19	0,70	531,25	-
	T-298.19	0,50	33,46	33,46
19 meses	T-398.19	0,45	150,71	-
	T-340.19	0,50	280,27	-
	T-243.19	0,70	449,53	-
	T-298.19	0,50	42,10	42,10

$$*1 - \text{Fator condicional} = \frac{\rho_{\text{no estado natural de umidade}} (\Omega \text{ cm})}{\rho_{\text{no estado saturado}} (\Omega \text{ cm})}$$

Nota: O traço T-298.19 contém 29,8 kg de microssílica, perfazendo um total de aglomerante de 327,8 kg/m³.

7 - CONCLUSÕES

A ação passivadora do concreto é decisiva na proteção das armaduras contra a corrosão. A duração dessa proteção e sob que condições ela poderia ser garantida para assegurar a vida útil de uma estrutura é uma questão que ainda exige pesquisas mais direcionadas.

O desenvolvimento de técnicas experimentais para controle dos processos corrosivos é um meio indispensável na avaliação de qualquer medida protetora contra a corrosão: revestimentos das armaduras, revestimentos do concreto, inibidores de corrosão, proteção catódica, e modificações na estrutura interna do concreto.

A resistividade elétrica do concreto é um parâmetro importante no controle da taxa de corrosão das armaduras uma vez iniciado o processo.

Quando da determinação da resistividade elétrica volumétrica do concreto em laboratório, valores que variam de $4 \times 10^3 \Omega \text{ cm}$ no estado saturado a $100 \times 10^6 \Omega \text{ cm}$ no estado seco podem ser obtidos em corpos de prova, dificultando a análise dos ensaios. O fator condicional é definido neste trabalho como a relação entre os resultados de resistividade elétrica do concreto no estado seco ou no estado natural de umidade e a resistividade elétrica do mesmo concreto completamente saturado.

Este fator é uma forma mais coerente de interpretação dos resultados dos ensaios quando se trata de avaliar a capacidade do concreto de conduzir ou resistir a passagem de corrente elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ACI forum: Influence of chlorides in reinforced concrete .
Concrete International, 7 (9):13-11, Sept. 1985.
- 2) AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, Detroit. Corrosion of metals in concrete. Detroit, 1985 (222 r 85 Committee report).
- 3) ANDRADE, C. et alli. Corrosion de armaduras embebidas en hornigon carbonatado. Materials de Construcction, (181) : 45-53, 1981.
- 4) BARFOOT, J. Powder to the bar-rebar coating. Concrete, Mar. 1988. p.32-40.
- 5) BASÍLIO, F.A. Corrosão das armaduras do concreto armado. Corrosão e Proteção, Ano 1, nº 2, Fev. 1988, p.20-23.
- 6) BAUER. L.A.F. & BAUER, R.J.F. A carbonatação do concreto e sua durabilidade. s.l., L.A. Falcao Bauer, 1987.
- 7) BERKE, N.S. & STARK, P. Calcium nitrite as an inhibitor : evaluating and testing for corrosion resistance. Concrete International, 7 (9):42-7, Sept. 1985.
- 8) BROWNE, R.D. Mechanism of corrosion of steel in concrete in relation to design, inspection and repair of offshore and coastal structures. Proceedings of the Symposium of performance of concrete in marine enviroment. ACI Publication SP - 65, 1980.
- 9) BROWNE, R.D. et alii. Inspection and monitoring of concrete structures for steel corrosion. IN.: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, May 1977. v.1 (Paper OTC 2802).
- 10) BUENFELD, N.R., NEWMAN, J.B., PAGE, C.L. The resistivity of mortars immersed in sea-water. Cement and Concrete Research, Vol. 16, nº 4, 1986, 511-524.
- 11) COLLEPARDI, M. et alii. La cinética di penetrazione degli iorni clouro nel calcestruzzo. Il Cemento, (4):157-64, 1970.
- 12) CORNET, I. Corrosion of Prestressed concrete tanks. Material Protection, Jan. 1962, 3, 90, 90-100.
- 13) EL-SAYED, H.A. et alii. Effects of reinforcement corrosion and protective coatings on the strength of the concrete/ steel bond. Corrosion Prevention & Controle, Feb. 1987. p. 18-23.
- 14) FARIAS, R.F.S. Proteção catódica: uma solução para o problema da corrosão das armaduras do concreto. IN.: SEMINÁRIO DE PROTEÇÃO CATÓDICA E CONTROLE DE INTERFERÊNCIAS DA ABRACO , Rio de Janeiro, Maio, 1988. p.31-45.
- 15) FIGG, J.R. & MARSDEN, A.F. Development of inspection techniques for reinforced concrete. Concrete in the Oceans. H M S O , London, 1985, Report 10, OHT 84 205.
- 16) GAIDIS, J.M. et alii. The inhibitor: of chloride - induced

corrosion in reinforced concrete by calcium nitrite cement. Concrete and Aggregates, 9 (1):30-3, 1987.

- 17) GRIMALDI, G., LANGUAGEHARD, J.C., Raharinaivo, A. Choix du mortier pour enrober les anodes de protection cathodique des armatures du béton. Bull. Liaison Labo Ponts et Chaussées, 160, Fevr. - Mars. 1989, 77-80.
- 18) GJORV, O.E. et alii. Electrical resistivity of concrete in the oceans. IN.: OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, May, 1977. v.1. p.581-88.
- 19) GOUDA, V.K. & HALAKA, W.Y. Corrosion and corrosion inhibition of reinforcing steel. II. Embedded in concrete. British Corrosion journal, 5:204-8, Sept. 1970.
- 20) GUSTAFSON, D.P. Inspection and acceptance of epoxy - coated reinforcing bars. Concrete Construction. Feb. 1987. p.197-201.
- 21) HAMMOND, E. & ROBSON, T.D. Comparison of electrical properties of various cements and concretes. The Engineer, Jan. 1955. 78-115.
- 22) HANSSON, C.M. Comments on electrochemical measurements of the rate of corrosion of steel in concrete. Cement and Concrete Research, 14:574-84, 1984.
- 23) HANSSON, I.L.H. & HANSSON, C.M. Electrical resistivity measurements of Portland cement based materials. Cement and Concrete Research, 13:675-83, 1983.
- 24) HELENE, P.R.L. Corrosão em armaduras para concreto armado. São Paulo, Pini, 1986.
- 25) HIGGINS, R.J. Fusion Bonded epoxy powder coating chosen for rebar protection in Dubai, Aug. 1987. p.102-4.
- 26) HOPE, B.B. et alii. Corrosion and electrical impedance in concrete. Cement and Concrete Research, 15:525-34, 1985.
- 27) HOWER, K.C. Cathodic protection for reinforced concrete structures, rehabilitation, reservation and preservation of concrete and masonry structures. Detroit, ACI, 1985. p. 175-208. (publication SP-85).
- 28) KUZNETSOV, M. Fundamentos de eletrotécnica. 2 ed. Moscou, Mir Publishers, 1967, p.36.
- 29) LEWIS, D.A., COPENHAGEN, W.J. Corrosion of reinforcing steel in Concrete in Marine atmosphere. Corrosion (1959) 15, 382-388.
- 30) McCARTER, W.J. & CURREAN, P.N. The electrical response characteristics of setting cement paste. Magazine of Concrete Research, vol. 36, n° 126, March 1984, 42-49.
- 31) MILLARD, S.G. Reinforced concrete resistivity measurement techniques, structural and building board. Proc. Instn. Civ. Engrs, Part 2, 1991, 91, March, 71-88.

- 32) MONFORE, G.E. The extrical resistivity of concrete. Journal of the PCA Research and Development Laboratoires, 10 (2) : 35-49, May, 1968.
- 33) MOSKVIN, V. et alii. Concrete and reinforced concrete deterioration and protection. Moscou, Mir Publishers, 1983.
- 34) NACE Standard RP-0187-87 - Nº 53063. Design considerations for corrosion control of reinforcing steel in concrete : recommendd practice. Houston, 1987.
- 35) PERKINS, P. Concrete Structures: repair waterproofing and protection. 2 ed. London, Applied Science Publishers, 1972.
- 36) RAHARINAIVO, A. Prévision de la corrosion des armatures du béton sous l'action des chlorures. Bulletin Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, (125):77-9, jan. / fev. 1988.
- 37) SCHULTE, Ch., WITTMANN, F.H. & MADER, H. Condutibilidade elétrica de cimento endurecido a teor de umidade diverso . Cement and Concrete Research, Vol. 8, 1979, 359-368.
- 38) STRATFULL, R.F. How chlorides affect concrete used with reinforcing steel. Materials Protection, Mar. 1968. p.29-34.
- 39) STRATFULL, R.F., JURKOVITCH, W.T. & SPELLMAN, D.L. Corrosion testing of bridge decks. Transportation Research Records nº 539, 1975.
- 40) TREMPER, B. & BEATON, J.L. & STRATFULL, R.F. Corrosion of reinforcing steel and repair of concrete in a marine enviroment. Highway Research Board Bull. 182, Washington , D.C., 1958, 18-41.
- 41) TURRIZIANI, R. Internal degradation of concrete : alkali - aggregate reaction reinforcement steel corrosion. Trabalho apresentado no 8º Congresso Internacional de Química do Cimento. Special Reports, 1:388-442, Set. 1986.
- 42) UNZ, M. Insulating properties of cement mortar coating . Corrosion, July, 1960, 16, 343-353.
- 43) VASSIE, P. A survey of site tests for the assessment of corrosion in reinforced concrete. TRRL Laboratory Report . 953.
- 44) WHITTINGTON, H.W. et alii. The conduction of eletricity through concrete. Magazine of concrete Research, 33 (114) , Mar. 1981.
- 45) WONG, K.H. et alii. The retardation of reinforcing steel corrosion by Alkyl-Alkoxy Silane. Cement and Concrete Research, 13:778-88, 1983.
- 46) ZINC INSTITUTE, Galvanized reinforcement for concrete . 2 ed. 1970.

BOLETIM TÉCNICO - TEXTOS PUBLICADOS
TECHNICAL BULLETIN - ISSUED PAPERS

- BT 01.A/86 - Ação do Incêndio sobre as Estruturas de Concreto Armado / The Effect of Fire on Reinforce Concrete - FRANCISCO R. LANDI
- BT 01.B/86 - Ação do Incêndio sobre as Estruturas de Aço / The Effect of Fire on Steel - FRANCISCO R. LANDI
- BT 02/86 - Argamassas de Assentamento para Paredes de Alvenaria / Resistent Masonry Mortar for Structural Brickwork - FERNANDO H.SABBATINI
- BT 03/86 - Controle de Qualidade do Concreto / Quality Control of the Concrete - PAULO R. L. HELENE
- BT 04/86 - Fibras Vegetais para Construção Civil - Fibra de côco Vegetable Fibres for Building - . Coir Fibres - HOLMER SAVASTANO JR
- BT 05/86 - As Obras Públicas de Engenharia e a sua Função na Estruturação da Cidade de São Paulo/The Public Works of Civil Engineering and its Function on Structuring the City of São Paulo - WITOLD ZMITROWICZ
- BT 06/86 - Patologia das Construções. Procedimentos para Diagnóstico e Recuperação / Building B.Pathology. Diagnosis and Recovering Procedures - N.LICHTENSTEIN
- BT 07/86 - Medidas Preventivas de Controle de Temperatura que Induz Fissuração no Concreto Massa / Preventive Measurements to Control the Temperature wich Produces Cracking in Mass Concrete - GEORGE INOUE
- BT 08/87 - O Computador e o Projeto do Edifício / The Computer and The Building Design - FRANCISCO F.CARDOSO
- BT 09/87 - Porosidade do Concreto / Concrete Porosity - VICENTE C.CAMPITELI
- BT 10/87 - Concretos Celulares Espumosos / Lightweight Concrete: Foam Concrete - OSWALDO FERREIRA
- BT 11/87 - Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria - Determinação das Vazões de Projeto / Building Cold Water Supply Systems - Design Flowrates Determination - MOACYR E.A. GRAÇA, ORESTES GONÇALVES
- BT 12/87 - Estabilização de Solos com Cimentos Pozolânicos / Soil Stabilization with Pozzolanic Cements - ALEX KENYA ABIKO
- BT 13/87 - Vazões de Projeto em Sistemas Prediais de Distribuição de Água Fria - Modelo Probabilístico para Microcomputadores / Design Flowrates in Building Cold Water Supply System - Probabilistic Model for Microcomputers - MOACYR E.A. GRAÇA, ORESTES GONÇALVES
- BT 14/87 - Sistemas Prediais de Coleta em Esgotos Sanitários: Modelo Conceitual para Projeto / Building Drainage Systems: A Conceptual Approach for Design - MOACYR E.A. GRAÇA, ORESTES GONÇALVES
- BT 15/87 - Aplicação do Método de Simulação do Desempenho Térmico de Edificações / Application of Building Thermal Performance Method - VIRGINIA ARAUJO
- BT 16/87 - A Representação do Problema de Planejamento do Espaço em Sistemas de Projeto Assistido por Computador / Space Planning Problem Representation on Computer Aided Design Systems - M.C.R.BELDERRAIN
- BT 17/87 - Aspectos da Aplicabilidade do Ensaio de Ultra-Som em Concreto / Aplicability of Ultra Sound Test in Concrete - L.T.HAMASSAKI
- BT 18/87 - O uso da Grua na Construção do Edifício / The Use of The Tower Crane in Building - N.B.LICHTENSTEIN
- BT 19/87 - A Adição de Fibras em Concreto de Baixo Consumo de Cimento e Análise da Fissuração devido à Retração / Fibre Reinforcement for Low Cement Contend Concretes and Analysis of Their Cracking due to Shrinkage - FRANCISCO DANTAS, VAHAN AGOPYAN
- BT 20/88 - Desempenho de Alvenaria à Compressão / Compression Performance of Masonry - LUIZ SÉRGIO FRANCO
- BT 21/88 - A Análise dos Liminares em Planejamento Urbano / Threshold Analysis in Urban Planning - JOSÉ L.C. RONCA, WITOLD ZMITROWICZ
- BT 22/88 - O Solo Criado - Sistemática para Avaliação do Preço / Systematic Procedures to Appraise the Value of a "Created Lot" - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 23/90 - O Conceito de Taxa de Retorno na Análise de Empreendimentos (Uma Abordagem Crítica) / A Rate of Return in Projetc Analysis (A Critical Approach to the Problem) - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 24/90 - (BE 01/87): Carta de Brasília - FIGUEIREDO FERRAZ
- BT 25/90 - O Preço das Obras Empreitadas - análise e modelo para sua formação / The Price in Construction - analysis and a simulator for calculation - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 26/90 - Sistemas de Informação para o Planejamento na Construção Civil -Gênese e Informatização - Information Systems for Planning in Civil Engineering - Genesis and Computer Aid Systems - JOÃO DA ROCHA LIMA JR.
- BT 27/90 - Gerenciamento na Construção Civil - Uma Abordagem Sistêmica / Construction and Business Management in Civil Engineering - A Systemic Approach - JOÃO R. LIMA JR.

- BT 28/90 - Recursos para Empreendimentos Imobiliários no Brasil - Debêntures e Fundos / Funds Real State Developments in Brasil - Debentures & Mutual Funds - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 29/90 - O Desenvolvimento Urbano: A Europa não Romana / Urban Development: Non-Roman Europe - WITOLD ZMITROWICZ
- BT 30/91 - Avaliação do Risco nas Análises Econômicas de Empreendimentos Habitacionais / Risk Analysis in Economic Evaluation for Residential Building Projects - JOÃO R. LIMA JR.
- BT 31/91 - Tendências Atuais na Formação dos Engenheiros Civis - O Vetor da Modernidade e a Abordagem do Gerenciamento Civil / Engineering Graduation Tendencies Modern Trends and Business Administration Teaching - JOÃO R. LIMA JR.
- BT/PCC/32 - Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos - FERNANDO SABBATINI, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/33 - A Laje Composta na Construção Civil - UBIRACI E.L.SOUZA, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/34 - Formulação de Modelo Computacional para Análise de Redes de Hidrantes - LUIZ B.M. LATERZA, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/35 - Resistência ao Fogo de Estruturas de Aço de Edifícios: Quando É Possível Empregar Perfis sem Proteção - SÍLVIO B. MELHADO, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/36 - Shopping Centers: Uma Abordagem do Dimensionamento do Potencial e das Áreas de Venda - ELIANE MONETTI, JOÃO R. LIMA JR.
- BT/PCC/37 - Alternativas de Projeto de Instalações Prediais de Gás em Edificações Habitacionais EDUARDO IOSHIMOTO, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/38 - Estudo dos Parâmetros Relacionados com a Utilização de Água Quente em Edifícios Residenciais - MARINA S. O. ILHA, ORESTES GONÇALVES
- BT/PCC/39 - Dosagem de Argamassas de Cimento Portland e Cal para Revestimento Externo de Fachada dos Edifícios - SÍLVIA M. S. SELMO, PAULO R. L. HELENE
- BT/PCC/40 - Estudo das Correlações entre Resistências à Compressão de Paredes e Prismas de Alvenaria Estrutural Cerâmica Não Armada Submetidos a Esforços de Compressão Axial - MÔNICA SIBYLLE KORFF MULLER, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/41 - Perspectivas de Superfícies Polidédricas Auxiliadas por Computador - ANA MAGDA A. CORREIA, SÉRGIO F. GONTIJO DE CARVALHO
- BT/PCC/42 - Estudo do Escoamento em Condutos Horizontais de Sistemas de Coleta de Esgotos Sanitários de Edifícios Residenciais - LÚCIA HELENA DE OLIVEIRA, ORESTES M. GONÇALVES
- BT/PCC/43 - Estudos da Microestrutura da Zona de Transição entre a Pasta de Cimento e o Agregado - VLADIMIR ANTONIO PAULON, PAULO J. M. MONTEIRO
- BT/PCC/44 - Tecnologia de Produção de Contrapisos para Edifícios Residenciais e Comerciais - MERCIA MARIA S. BOTTURA DE BARROS, FERNANDO H. SABBATINI
- BT/PCC/45 - Crescimento Populacional, Urbanização e Desenvolvimento - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- BT/PCC/46 - A Concentração Urbana e as Implicações Ambientais - JOSÉ CARLOS DE FIGUEIREDO FERRAZ
- BT/PCC/47 - Usos, Funções e Propriedades das Argamassas Mistas Destinadas ao Assentamento e Revestimento de Alvenarias - FREDERICO AUGUSTO MARTINELLI, PAULO R. L. HELENE
- BT/PCC/48 - A Influência da Relação Água-Gesso nas Propriedades Mecânicas do Fibrogesso - IVANA S. S. DOS SANTOS, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/49 - Controle de Qualidade na Indústria de Pré-fabricados - PÚBLIO P. F. RODRIGUES, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/50 - Urbanização e Controle de Enchentes - O Caso de São Paulo: Seus Conflitos e Inter-relações - MARIA DE S. B. OSTROWSKY, WITOLD ZMITROWICZ
- BT/PCC/51 - Industrialização da Construção e Argamassa Armada: Perspectivas de Desenvolvimento - PAULO E. F. de CAMPOS, JOÃO B. de HANAI
- BT/PCC/52 - As Áreas Habitacionais Populares nas Cidades Médias Paulistas: O Caso de Limeira - SÍLVIA A. M. GONÇALVES PINA, SUZANA P. TASCHNER
- BT/PCC/53 - As Relações entre a Legislação de Uso e Ocupação do Solo e o Espaço Urbano Local: Subsídios para o Planejamento de Bairros - ISAURA R. F. PARENTE CAMPANA, CÂNDIDO MALTA C. FILHO
- BT/PCC/54 - Janelas de PVC Rígido: Características da Qualidade - VERA DA CONCEIÇÃO FERNANDES, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/55 - Um Ensaio Acelerado para a Previsão da Resistência à Compressão do Cimento Portland Comum Utilizando Energia de Microondas - EMIR CESAR MAIDA, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/56 - Sensoriamento Remoto Via Orbital Aplicado a Estudos Urbanos - MARIA AUGUSTA JUSTI PISANI, WITOLD ZMITROWICZ
- BT/PCC/57 - Controle do Desenvolvimento através da Determinação de Padrões Espaciais Urbanos - VERA LÚCIA BLAT MIGLIORINI, GILDA COLLET BRUNA

- BT/PCC/58 - Avaliação Experimental da Corrosão de Armaduras em Concreto Utilizando a Técnica de Medida dos Potenciais de Eletrodo - OSWALDO CASCUDO MATOS, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE
- BT/PCC/59 - Gerenciamento da Demanda e Consumo de Energia Elétrica para Aquecimento de Água em Habitações de Interesse Social - RACINE TADEU ARAUJO PRADO, ORESTES MARRACCINI GONÇALVES
- BT/PCC/60 - Fôrmas para Concreto Armado - Aplicação para o Caso do Edifício - HERMES FAJERSZTAJN, FRANCISCO ROMEU LANDI
- BT/PCC/61 - Avaliação de Desempenho de Sistemas Construtivos Inovadores Destinados a Habitações Térreas Unifamiliares - Desempenho Estrutural - CLÁUDIO VICENTE MITIDIERI FILHO, DANTE FRANCISCO VICTORIO GUELPA
- BT/PCC/62 - Método para Gerenciamento de Empreendimentos Imobiliários - EMILIO RACHED ESPER KALLAS, FRANCISCO ROMEU LANDI
- BT/PCC/63 - Contribuição ao Estabelecimento de Parâmetros para Dosagem e Controle dos Concretos de Cimento Portland - PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE, FRANCISCO ROMEU LANDI
- BT/PCC/64 - Caracterização do Agregado Leve Obtido a partir do Lodo de Esgoto da Cidade de Londrina - GILSON MORALES, VAHAN AGOPYAN
- BT/PCC/65 - Uma Abordagem sobre o Estado da Arte da Microsílica - MÁRCIA FANTINATO DE MORAES, YASUKO TEZUKA
- BT/PCC/66 - O Fator Humano - A Motivação do Trabalhador da Construção Civil - SÉRGIO DO RÉGO BARROS MACHADO DIAS, PAULO ROBERTO DO LAGO HELENE
- BT/PCC/67 - Látex Estireno-Butadieno - Aplicação em Concretos de Cimento e Polímero - MARCOS STORTE, YASUKO TEZUKA
- BT/PCC/68 - Estudos para o Desenvolvimento de um Concreto Expansivo - SELMO CHAPIRA KUPERMAN, PÉRICLES BRASILIENSE FUSCO
- BT/PCC/69 - Corrosão das Armaduras do Concreto: Mecanismos e Controle - ROBERTO FERNANDO DOS SANTOS FARIAS, YASUKO TEZUKA

100

100

24 3. comut