VI Congreso Internacional sobre Patología y Recuperación de Estructuras
2, 3 y 4 junio 2010 · Córdoba, Argentina

TEMA 3 – Caracterización de materiales

Avaliação da contaminação por íons cloreto em amostras de concreto submetidas a condições agressivas

João Manoel de Freitas Mota[1,a]; Angelo Just da Costa e Silva[2,b]; Fred Rodrigues Barbosa[3,c]; Tibério Wanderley Correia de O. Andrade[4,d] e Karina Cordeiro de Arruda Dourado[5,e]

[1]Professor do Departamento de Engenharia Civil da FAVIP e do Departamento de Arquitetura da Faculdade Maurício de Nassau, Doutorando do Departamento de Engenharia Civil, UFPE, Pernambuco, Brasil

[2]Professor Doutor, Departamento de Engenharia Civil, UNICAP, Pernambuco, Brasil

[3]Professor do Departamento de Engenharia Civil da FAVIP e Mestrando do Departamento de Engenharia Civil, UFPE, Pernambuco, Brasil

[4]Professor Mestre, Departamento de Engenharia Civil, UFPE, Pernambuco, Brasil

[5]Professora do Departamento de Engenharia Civil da FAVIP e Doutoranda do Departamento de Engenharia Civil, UFPE, Pernambuco, Brasil

[a]joao@vieiramota.com.br, [b]angelo@tecomat.com.br, [c]fredbarbosa@compesa.com.br, [d]tiberioandrade@uol.com.br, [e]kcadourado@gmail.com

Palavras-chave: cloreto, névoa salina, durabilidade

Resumo

O presente estudo apresenta e discute os resultados obtidos em ensaios para determinação da profundidade de penetração de íons cloreto em corpos-de-prova cilíndricos de concreto submetidos a diferentes condições de agressividade ambiental. As amostras de concreto, com resistência à compressão média de 28 MPa, permaneceram durante 24 meses sujeitas as condições, a saber: névoa marinha (na cobertura de uma residência de veraneio situada na praia de Porto de Galinhas - Pernambuco) e imersa em recipiente com água do mar sendo submetida a ciclo de molhagem e secagem. Em cada amostra foram realizados ensaios para determinação da profundidade de penetração dos íons cloreto em relação à massa de cimento, com medições em vários intervalos realizados nas profundidades entre 0,5 cm a 4,5 cm. Para a extração das amostras foi utilizada furadeira com broca de vídea de diferentes diâmetros, a fim de permitir a determinação das profundidades desejadas, sendo recolhida, para cada caso, uma quantidade aproximada de 300 g para encaminhamento ao laboratório de ensaio químico. Ao final dos estudos será possível efetuar gráfico comparativo de avaliação da profundidade de penetração dos íons cloreto nas

diferentes condições de exposição e agressividade, definidas pela normalização brasileira para a classe de agressividade do ambiente em questão.

1 Introdução

Diversas patologias em estruturas de concreto armado situadas em Regiões litorâneas surgem por conta do ataque de íons cloretos transportados pela névoa salina. Verifica-se que até 400 metros do mar, o teor de íons cloretos encontrados assume significativa relevância para elementos de concreto estrutural, uma vez que passam a ser uma das principais causas da despassivação das armaduras [1]. Os mesmos autores apresentaram em pesquisa realizada em Recife – PE, uma relação entre a deposição média de cloretos e a distância das estruturas em relação ao mar; chegando aos seguintes indicadores: para 7 m (586,27 mg/m^2.dia) , 100 m (297,10 mg/m^2.dia), 160 m (119,32 mg/m^2.dia), 230 m (35,85 mg/m^2.dia) e 320 m (35,87 mg/m^2.dia).

No território brasileiro a corrosão das armaduras é responsável cerca de 20% de todas as patologias em estruturas de concreto [2]. Em outras Regiões, a exemplo da Região Sul, observa-se que este índice pode chegar a 30% [3, 4]. Todavia, em Recife observa-se que a relevância desta ação deletéria torna-se ainda maior, atingindo patamares próximos aos 65%; devido provavelmente à localização geográfica [5].

Pode-se entender que a corrosão das armaduras em concretos é determinada, fundamentalmente, por fenômenos físicos (cobrimento da armadura) e químicos (alcalinidade). Agentes nocivos, tais como, sulfatos, ácidos, dentre outros, levam a deterioração do cobrimento, gerando condições propicias à despassivação da armadura, haja vista ataques de CO_2 e íons cloreto [6].

O objetivo dessa pesquisa é avaliar o teor de cloreto em corpos-de-prova cilíndricos de concreto acondicionados (maturados) na Região litorânea de Porto de Galinhas - PE. Nessa ótica, o trabalho é justificado, pela elevada densidade de edificações no litoral de Pernambuco, sendo, essas construções, a um só tempo, sujeitas a alta agressividade devido o ataque de íons cloreto através das névoas salinas.

A Figura 01 mostra registro do ambiente marinho, destacando a névoa.



Figura 1 – Aspecto do ambiente marinho da Região em estudo – Porto de Galinhas – PE

2 Materiais Utilizados

2.1 Cimento Portland

O concreto dosado teve em sua composição, o cimento portland cinza (CP II Z 32), em sacos de 50 kg cada.

As Tabelas 1 e 2 apresentam algumas características do cimento utilizado na pesquisa (informado pelo fabricante).

Tabela 1 – Características Químicas do cimento utilizado no ensaio

Ensaios Químicos				
Ensaios	**Normas**	**Unidades**	**Resultados**	**Especificação Norma NBR 11578/91**
Perda ao Fogo – PF	NBR NM 18	%	**4,39**	≤ 6,5
Óxido de Magnésio – MgO	PO 00435	%	**2,66**	≤ 6,5
Anidrido Sulfúrico - SO_3	PO 00436	%	**3,26**	≤ 4,0
Resíduo Insolúvel – RI	NM 15:2004	%	**6,89**	≤ 16,0
Equivalente alcalino em Na2O - (0,658 x K2O% + Na2O%)	X	%	**1,02**	não aplicável
Óxido de Cálcio Livre - CaO (Livre)	NBR NM 13	%	**1,44**	não aplicável

Tabela 2 – Características Físicas e mecânicas do cimento utilizado no ensaio

Ensaios Físicos e Mecânicos				
Ensaios	**Normas**	**Unidades**	**Resultados**	**Especificação Norma NBR 11578/91**
Área Específica (Blane)	NBR NM 76	cm^2/g	**3540**	≥ 2600
Massa Específica	NBR NM 23	g/cm^3	**3,04**	não aplicável
Densidade Aparente	X	g/cm^3	**1,2**	não aplicável
Finura - Resíduo na Peneira 0,075mm (#200)	NBR 12826	%	**2,2**	≤ 12,0
Finura - Resíduo na Peneira 0,044mm (#350)	NBR 12826	%	**15,6**	não aplicável
Água na Pasta de Consistência Normal	NBR NM 43	%	**26,8**	não aplicável
Início de Pega	NBR NM 65	h:min	**02:30**	≥ 1 h
Fim de Pega	NBR NM 65	h:min	**03:40**	≤ 10 h
Expansibilidade de Le Chatelier - a Quente	NBR 11582	mm	**0,3**	≤ 5

Resistência a Compressão (MPa) - NBR 7215/96					
Idade (dias)	**Min.**	**Max.**	**Média**	**Desvio**	**Especificação Norma NBR 11578/91**
1					não aplicável
3	**24,2**	**28**	**26,4**	**0,86**	≥ 10
7	**30,2**	**33,8**	**32,1**	**0,76**	≥ 20
28					≥ 32

2.2 Agregados

2.2.1 Agregado Miúdo

Foi utilizada uma areia natural de natureza quartzosa, pois é amplamente encontrada na Região Metropolitana do Recife. Esta areia foi caracterizada pelo módulo de finura (2,25), densidade de massa aparente (1,47 kg/dm^3), densidade de massa específica (2,63 kg/dm^3), determinação da curva granulométrica e coeficiente de uniformidade de acordo com o método de Allen-Hazem. Este coeficiente de uniformidade relaciona $C=d_{60}/d_{10}$, que significa a equivalência de 60% da percentagem passante de material [7]. Seguem os dados da areia natural da curva de distribuição granulométrica no gráfico da Figura 02.

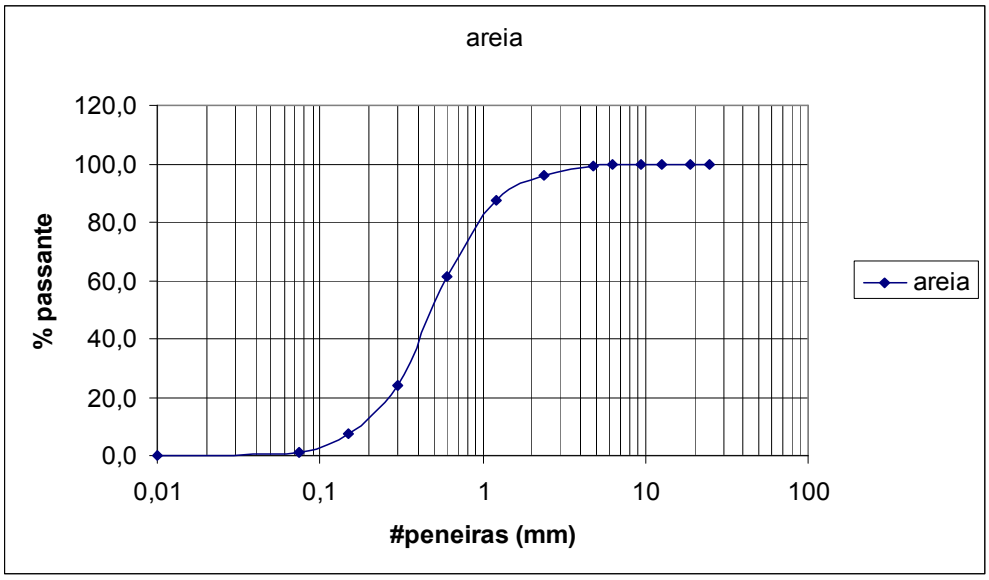


Figura 2 – Gráfico da distribuição granulométrica da areia

2.2.2 Agregado Graúdo

A natureza mineralógica do agregado graúdo é granítica. Este agregado foi utilizado no seu estado seco sem lavagem. Foram realizados ensaios de caracterização quanto à densidade específica, aparente e granulometria. Determinou-se também a massa unitária no estado seco de acordo com a NBR 7251.

Na Tabela 03 mostram-se alguns dados da brita.

Tabela 3 – Granulometria da brita

Material: brita 1

Peneiras	Massa acumulada (g)	% Retida	% Retido acumulado	% retido acumulado	% passante
25	0	0,0	0,0		100,0
19	8,3	0,3	0,3	0,3	99,7
12,5	1483,2	49,5	49,8		50,2
9,5	1315	43,9	93,7	93,7	6,3
6,3	184,8	6,2	99,8		0,2
4,8	2,8	0,1	99,9	99,9	0,1
2,4	0,4	0,0	99,9	99,9	0,1
1,2	0	0,0	99,9	99,9	0,1
0,6	0	0,0	99,9	99,9	0,1
0,3	0,4	0,0	100,0	100,0	0,0
0,15	0	0,0	100,0	100,0	0,0
0,075	0,9	0,0	100,0		0,0
0,01	0,3	0,0	100,0	100,0	0,0
Massa total (g)	2996,1				
Módulo de finura		6,94			
Coeficiente de uniformidade		1,4			
Densidade aparente (kg/dm^3)		1,43			
Densidade real (kg/dm^3)		2,78			

3 Metodologia

A pesquisa foi realizada na praia de Porto de Galinhas, a cerca de 75 km da cidade do Recife – PE.

O concreto produzido para esta análise utilizou cimento tipo CP II Z 32, areia quartzosa, brita granítica e adição de filler calcário. Para a dosagem do concreto utilizou-se o método IPT/EPUSP [8]. A média da resistência à compressão obtida foi 28,6 MPa.

Em seguida a produção do concreto, acondicionou-se todo material em moldes metálicos com adensamento mecânico, sendo todos os corpos-de-prova transportados para câmara úmida após 24 horas, onde permaneceram até os 28 dias, partindo posteriormente para a exposição ao ambiente agressivo.

O tempo de exposição em ambiente agressivo ultrapassou os 24 meses.

Concernente a produção do concreto nesse trabalho, caracterizamos em seu estado fresco o abatimento, onde este valor é dado em relação à altura do tronco de cone de acordo com NM 67:96.

Os corpos-de-prova foram dispostos em três condições de agressividade ambiental, a saber:

► amostra 1 (corpos-de-prova sujeitos à ciclo de molhagem e secagem em recipiente com água do mar).

► amostra 2 (situada sobre o reservatório superior de água de um condomínio residencial, cuja altitude é próxima aos 6 metros – lado Leste da réplica);

► amostra 3 (idem a amostra 2, contudo, lado Oeste da réplica);

As amostras 2 e 3 foram posicionadas a 85 metros do mar (em exposição à névoa salina). Todavia, a amostra 1 pode representar peças de concreto em edificações à beira mar, ou seja, que estejam em determinados momentos em contato com a própria água salina.

Na amostra 1, o processo do ciclo de molhagem e secagem nos corpos-de-prova (maturados em recipiente no solo e também a 85 metros do mar) foi realizado a cada 24 horas, sendo 24 horas imersas em recipiente hermeticamente fechado com água do mar e 24 horas expostos ao vento, sol e chuva (sobre jardim). Essa condição faz com que se acelere o ataque dos íons cloretos devido à difusão [9].

Após a conclusão do tempo de exposição, as réplicas foram transportadas para laboratório com o cunho de realizar extração de material para identificação do teor de cloretos em relação a massa de cimento.

As profundidades a fim de se obter os níveis das penetrações dos íons cloretos foram de 0 cm a 05 cm; 0,5 cm a 1,5 cm; 1,5 cm a 2,5 cm; 2,5 cm a 3,5 cm e de 3,5 cm a 4,5 cm. Utilizaram-se brocas de vídea com diferentes diâmetros em máquina furadeira. Em cada situação, colheu-se aproximadamente 300 g de pó do corpo-de-prova para ensaio químico.

A Figura 3 mostra a localização onde ocorreu a exposição dos elementos de concreto.



Figura 3 – Região em que se encontravam os CP´s de concreto ensaiados [10].

As Figuras 04, 05 e 06 apresentam os locais no interior do residencial em Porto de Galinhas – PE.


Figura 4 – amostra 1 apresentando o momento em que os CP´s estão imersos.



Figura 5 – CP´s das amostras 2 e 3 localizados sobre laje do reservatório superior do residencial



Figura 6 – Vista da laje onde maturaram os CP´s das amostras 2e 3

Relativo à carbonatação verificou-se uma ausência quase que total, observando somente tenuamente nas amostras 2 e 3. Essa investigação foi dada através da aplicação da solução de fenolftaleína no concreto. Sabe-se que a condição

de concreto carbonatado pode ser verificada quando após a pulverização da solução de fenolftaleína observam-se áreas com coloração diferenciada, ou seja, áreas onde a cor encontrada é vermelho-carmim, representando concreto não carbonatado e áreas onde o concreto permanece incolor, representando concreto carbonatado, com faixa de pH entre 8,3 e 10 [11].

No que tange a obtenção do teor de cloreto em laboratório, fez-se com que o pó fino extraído da moagem do concreto de cada elemento, fosse adicionado a uma solução contendo HNO_3 (ácido nítrico) e $AgNO_3$ (nitrato de prata), concluindo ao final do processo do ensaio, o percentual em relação ao cimento [12].

4 Resultados e discussões

As condições ambientais foram caracterizadas pelos dados obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, localizado em Recife-PE, conforme mostra a Tabela 04. Postaram-se os 12 últimos meses do processo de maturação para um maior entendimento da característica ambiental. Evidencia-se que os fatores ambientais, em geral, não são relevantes em estruturas internas, o mesmo não ocorrendo para estruturas externas, entretanto, a depender do nível de agressividade, imponderavelmente, o micro-clima também estabelecerá níveis elevados de agressividade [13].

Tabela 04 – Dados climatológicos no período de um ano

Mês	Direção predominante do vento		Umidade relativa (%)	Velocidade do vento (m/s)	Precipitação (mm)	Temperatura (ºC)	Insolação (h)
	1.ª	2.ª					
01	SE	E	75	2,2	83,5	27,2	256,7
02	SE	NE	76	2,2	226,7	27,4	196,2
03	SE	S	78	2,1	138,7	27,0	226,3
04	SE	Calmo	82	1,7	347,3	26,3	212,4
05	SE	S	85	1,6	208,3	25,6	205,1
06	S	SE	85	1,6	390,8	24,8	129,8
07	S	SE	84	1,7	331,0	24,0	191,7
08	S	SE	81	2,2	223,7	24,3	196,4
09	S	SE	79	2,4	127,1	24,7	207,2
10	SE	S	74	2,8	25,6	25,6	231,8
11	SE	E	72	2,7	40,0	26,5	261,1
12	SE	E	71	2,5	30,6	27,1	265,5

Vale destacar que, o boletim 162 do CEB [14] comporta análise referente a inspeção visual dos níveis de deterioração dos elementos de concreto armado. Esse boletim estabelece níveis de deterioração de A até E, onde a partir dos níveis C e D, a intervenção deverá ser imediata, tendo em vista a ocorrência do esgotamento quase que integral da vida útil da peça estrutural [15].

Para a identificação do nível de ataque causado por ação da carbonatação, utilizou-se a aspersão de fenolftaleína. Uma situação semelhante foi verificada em pesquisa realizada no México [16] para condições ambientais similares às deste estudo (baixíssima carbonatação em estruturas de concretos na Região litorânea). Por conseguinte, pode-se atribuir ao ataque de íons cloretos às corrosões das armaduras.

Nesse contexto, os fatores prováveis na limitação da carbonatação são: proximidade do mar e elevada resistência à compressão da estrutura de concreto [17]. Nessas condições, pode-se dizer que em ambientes com substancial umidade e salinidade, a penetração do CO_2 é dificultada [18].

A condição ideal para o avanço da carbonatação ocorre em ambientes com umidades entre 50% e 70% [19], o que não se observa em Recife, uma vez que nessa cidade a umidade relativa do ar apresenta valores característicos superiores aos supra mencionados.

Relativo aos teores de cloretos, diferentemente da carbonatação, foi encontrado em todas as amostras, onde se analisaram de forma comparativa com o estabelecido em normas pertinentes.

É sabido que o banho da névoa salina propicia às peças de concreto o transporte de íons cloreto suficiente para se combinar (capturar) com elementos que constituem a camada passivadora e protetora da armadura, despassivando-a [20].

Dentro das três amostras (amostra 1, 2 e 3) foram encontrados os percentuais de cloretos (Cl^- em relação à massa de cimento) conforme Tabela 05 e Figura 7:

Tabela 05 – Resultados dos teores de cloretos

Referência da Amostra	Profundidade (mm)	%/Cl (massa de concreto)	% Cl/(massa de cimento)
Amostra 1 – ciclo de molhagem e secagem com água do mar	0,0 a 0,5	0,3046	1,904
	0,5 a 1,5	0,2468	1,543
	1,5 a 2,5	0,1187	0,742
	2,5 a 3,5	0,0444	0,278
	3,5 a 4,5	0,0439	0,274
Amostra 2 – Lado Leste da réplica	0,0 a 0,5	0,0236	0,148
	0,5 a 1,5	0,0155	0,097
	1,5 a 2,5	0,0128	0,080
	2,5 a 3,5	0,0075	0,047
	3,5 a 4,5	0,0106	0,066
Amostra 3 – Lado Oeste da réplica	0,0 a 0,5	0,0179	0,112
	0,5 a 1,5	0,0106	0,066
	1,5 a 2,5	0,0109	0,068
	2,5 a 3,5	0,0090	0,056
	3,5 a 4,5	0,0090	0,056

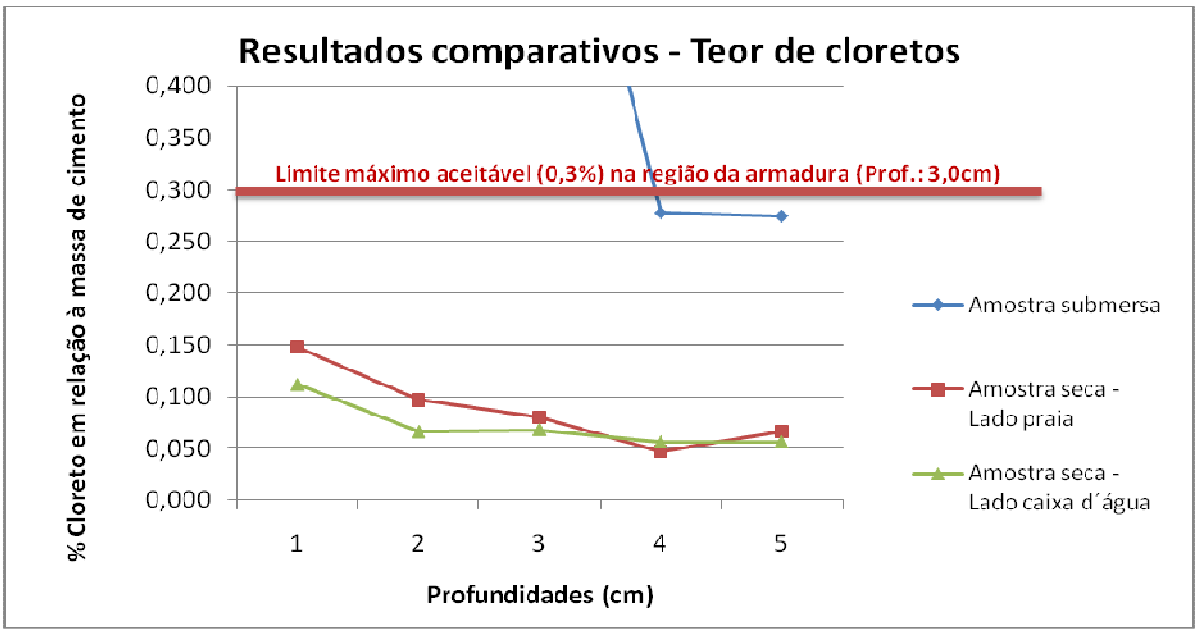


Figura 7 – Resultados dos teores de cloretos

Referente aos valores dos teores de cloretos apresentados nas amostras secas, percentuais similares também foi encontrado em pesquisa realizada em área próxima a orla marítima da cidade do Recife [21].

Ademais, concernente à concentração de cloreto encontrada em peças de concreto armado, verificou-se em pesquisas realizadas (Yucatán – México; Maracaibo – Venezuela e Recife – Brasil) que o percentual dessa concentração era tanto maior quanto menor fosse à altitude (até 7,5 m aproximadamente) e a qualidade do concreto (elevada relação a/c), bem como, quanto maior fosse o período de exposição em meio ambiente de agressividade severa. Também não se encontrou cloreto em regiões de elevadíssima umidade ou seca, observando, entretanto, altos teores de cloreto em concretos que sofreram ciclos de molhagem e secagem constantes [21].

Sabe-se que, alguns pontos devem ser considerados para avaliar os percentuais de cloretos, tais como, tipo de cimento, finura, dentre outros. Por conseguinte, existem parâmetros de teores de cloretos prescritos em normas, como: BS 8110, CEB e ENV 206 - 0,4% (em relação a massa de cimento); ACI 318 - 0,30% (em relação a massa de cimento) e JCSE - 0,6% (em relação a 1 m^3 de concreto).

5 Conclusão

▪ Verificou-se na amostra 1 um elevado teor de cloreto (bem acima do prescrito em normas pertinentes) até a profundidade de 2,5 cm. Essa conclusão pode ser explicada pelo processo do ciclo de molhagem e secagem imposta à réplica, uma vez que a difusão acelera o transporte de massa (íons cloretos) no interior do concreto, concomitantemente com o uso da própria água do mar. Vale destacar essa amostra buscou simular obras sujeitas a condições similares.

▪ Em profundidades superiores a 2,5 cm da amostra 1, verificou-se um teor de cloretos dentro dos padrões estabelecidos por normas pertinentes. Pode-se atribuir a adição de filler calcário a justificativa pelo baixo teor de cloreto encontrado na réplica dessa amostra à profundidade acima de 2,5 cm, uma vez que essa adição propicia o efeito filler (fenômeno físico – tamponamento de poros do concreto).

▪ Nas amostras 2 e 3 não se verificou, em nenhuma profundidade estudada, teores de cloretos consideráveis (em relação ao teor de cimento, e, prescrito em normas pertinentes). Esse contexto encontrado pode ser explicado, mais uma vez, pela adição de filler calcário, haja vista que ocorre o efeito filler (tamponamento de poros) e maior empacotamento do concreto no estado fresco, deixando-o material mais denso.

▪ Quanto à carbonatação, verificou-se, um índice de alcalinidade extremamente tênue. Fato similar foi observado por outros pesquisadores em edificações de concretos situados em obras em Regiões litorâneas.

6 Referências

[1] PONTES, R. B.; MONTEIRO, R. A.; OLIVEIRA, R. A.; PAIVA, S. C. Levantamento da concentração de cloretos em zona costeira do Recife-PE. IX CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE PATOLOGIA. Quito – Equador, 2007.

[2] HELENE, P. R. L. Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto. Editora PINI. São Paulo, 1992.

[3] GALVÃO, S. P. Avaliação do desempenho de argamassas de reparo estrutural à base de cimento Portland modificadas por polímeros e contendo adições minerais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2004.

[4] SELMO. S. M. S.; MORENO Jr, R.; MITRE, M. P. Caracterização básica das argamassas de reparos para estruturas de concreto industrializadas no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS. Lisboa, 2000.

[5] ANDRADE, J. J. O. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Goiás. Goiás, 1997.

[6] HELENE, P. R. L. Vida útil das estruturas de concreto. In: IV CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES. Porto Alegre, 1997.

[7] CAPUTO, H. P. Mecânica dos Solos e Suas Aplicações. 1983.

[8] HELENE, P. R. L & TERZIAN, P. R. Dosagem e Controle dos Concretos de Cimento Portland. São Paulo, PINI, 1993.

[9] CALLISTER JR, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução**. LTC editora. Rio de Janeiro, 2002.

[10] Earth.google.com. **.Net**, abril. 2008. Disponível em: <http://earth.google.com/.htm>. Acesso em: 28 abril. 2008.

[11] BASSET et al. Análise inorgânica quantitativa. Editora Guanabara. Rio de Janeiro, 1981.

[12] ANDRADE, M. C. P. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. 1.ed. PINI. São Paulo, 1992.

[13] SILVA E. F.; GOMES de SÁ, C.; RAMIREZ, M. C.; RIBAS SILVA, M.; KROPP, J. Panteão da pátria Tancredo Neves – Monumento histórico de Brasília. In: VII CONGRESSO LATINOAMERICANO DE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN – CONPTA. México, 2003.

[14] COMITE EURO INTERNATION DU BETON – CEB Assessment of concrete structures and design procedure for upgrading (redesign). Paris, Bulletin D'Information n° 162, August 1983.

[15] MOTA, J. M. F; PONTES, R. B; CANDEIAS NETO, J. A; OLIVEIRA, M. F; ALMEIDA, H. T; CARNEIRO, A. M. P. Análise das Patologias em Estruturas de Concreto na Zona Litorânea da Cidade do Recife – PE. X Congresso Latino-americano de Patologia – CONPAT. Valparaiso – Chile. 2009.

[16] CASTRO, P.; MORENO, E. I.; GENESCÁ, J. Influence of marine micro-climates on carbonation of reinforced concrete buildings. Cement and Concrete Research. Pergamo, 2000.

[17] CASTRO, P.; SANJUÁN, M. A.; GENESCÁ, J. Carbonation of concretes in the Mexican Gulf. Building and environment. Pergamon, 2000.

[18] LÓPEZ, W.; GONZÁLES, J. A. Influence of the degree of pore saturation on the resistivity of concrete Research, 1993.

[19] NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 2. ed. PINI. São Paulo, 1997.

[20]CARNEIRO, A. M. P. Notas de Aula da Disciplina: Patologia das construções – Pós-graduação em estruturas, UFPE - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2007.

[21] CASTRO, P.; RINCON, O; T.; PAZINI, E. J. Interpretation of chloride profiles from concrete exposed to tropical marine environments. Cement and Concrete Research. Pergamo, 2000.