Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções
CBPAT2016

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

A IMPORTÂNCIA DO CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO PARA EVITAR MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS: ESTUDO DE CASO DE UMA OBRA EM ARACAJU/SE

F. DANTAS
Graduando em Engenharia Civil
Faculdade Pio Décimo
Sergipe; Brasil
felipesd_engcivil@hotmail.com

G. SANTOS JUNIOR
Professor Assistente
Faculdade Pio Décimo
Sergipe; Brasil
professorgilbertomessias@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho, realizado na obra Brisa Marina no litoral de Aracaju, tem por objetivo avaliar a importância do controle tecnológico em uma estrutura de concreto armado, visando a qualidade do material e a prevenção de manifestações patológicas. Através de pesquisas metodológicas descritas na literatura, foram analisadas algumas manifestações patológicas como a corrosão, carbonatação e reação álcali-agregado (RAA). Através de estudo de campo, inspeções visuais e registros fotográficos realizados em laboratórios e *in loco*, foram observados os procedimentos para os ensaios antes e durante a concretagem de lajes. Nas idades de 7 e 28 dias após o lançamento do concreto, foram verificados os ensaios de resistência a compressão do material coletado, com o intuito de analisar se a estrutura apresentava a resistência especificada no projeto. Por fim, após análises, os resultados apresentaram dados relevantes quanto ao estudo e controle de manifestações patológicas em edificações convencionais.

Palavras-chave: Controle tecnológico, Patologia das Construções, Estruturas de Concreto.

ABSTRACT

The purpose of the present study, conducted in the building Brisa Marina, in the coast of Aracaju, is to assess the importance of technological control in a reinforced concrete structure to assure the quality of the material and prevent pathological manifestations. Analysis of some pathological manifestations such as corrosion, carbonation and alkali-aggregate reaction (AAR) was performed using research methodologies described in the literature. The test procedures conducted before and during concrete slab pouring were observed through a field study, visual inspections and photo assays in laboratories and *in situ*. At the ages of 7 and 28 days after concrete laying, the results of the testing of compressive strength of the collected material were analyzed to check whether the strength of the structure was consistent with the project specifications. Finally, the results obtained revealed important data for the study and control of pathological manifestations in conventional buildings.

Keywords: Technological control, Building Pathology, Concrete Structures.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se observado uma maior preocupação com relação a manifestações patológicas do concreto em virtude do envelhecimento das edificações no Brasil. Com o intuito de implementar medidas de melhoria na durabilidade destas estruturas, surge o controle de qualidade do concreto armado que dá início ao estudo mais criterioso de dosagem e controle dos materiais constituintes.

O concreto armado é o material mais utilizado em estruturas e é composto, basicamente, por aglomerante (cimento Portland), agregados, água - eventualmente aditivos - e o aço, que vai constituir a fibra ou nervo de que o concreto necessita para ser um material estrutural completo (CÁNOVAS, 1988) [1]. O seu controle tecnológico é de suma importância para a elaboração de pesquisas laboratoriais e na execução de estruturas de concreto armado, servindo como prova e comprometimento de que a estrutura esteja segura, de acordo com a prescrição do projeto calculado.

A patologia, com relação a Engenharia, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema nas construções civis, como os sintomas, os mecanismos, as causas e origens dos defeitos das estruturas (HELENE, 1992) [2]. Devido a falhas durante a execução de uma das etapas da construção, ou falhas no sistema de controle de qualidade próprio a uma

ou mais atividades, ocorre o risco de existência do surgimento de manifestações patológicas em uma estrutura (SOUZA e RIPPER, 1998) [3].

O estudo de caso do presente trabalho foi realizado na Obra Brisa Marina em Aracaju-SE. Por se tratar de uma estrutura convencional, foi verificado todo o processo do controle de qualidade e tecnológico no período de execução do mesmo. Esta pesquisa tem por objetivo estudar a relação existente entre a deficiência no controle tecnológico do concreto e o aparecimento de manifestações patológicas, sendo elas, corrosão, reação álcali-agregado (RAA) e carbonatação.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Estruturas de concreto armado

O concreto é um material cerâmico resistente a esforços de compressão, porém apresenta baixa resistência a tração em virtude de sua fragilidade. Portanto, para suprir tal deficiência do concreto, são utilizadas armaduras de aço, material resistente à tração e que garante ductilidade. Ao elemento resultante da união do concreto com o aço dá-se o nome de concreto armado (PINHEIRO, 2007) [4].

Conforme Clímaco (2008, p. 34) [5] *"A associação concreto-aço visa, na sua concepção primeira, superar a deficiência das estruturas nas regiões de tração, ao mesmo tempo que o concreto de boa qualidade e com espessura adequada da camada de cobrimento fornece um meio alcalino que protege o aço da corrosão, garantindo a durabilidade da estrutura".*

Os agregados são importantes no desempenho do concreto melhorando a estabilidade dimensional e durabilidade, através de suas propriedades físicas, térmicas e, algumas vezes, químicas (NEVILLE e BROOKS, 2013) [6]. O estudo de dosagem do concreto é muito importante para o desenvolvimento da estrutura. A dosagem é a obtenção da melhor proporção entre os materiais característicos do concreto, expressa em massa ou volume, com rigorosidade em massa seca (TUTIKIAN e HELENE, 2011) [7].

2.2 Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado

O estudo de manifestações patológicas possibilita uma melhor prevenção para as estruturas de concreto, garantindo maior vida útil, resistência à degradação das peças, como também, a economia de recursos e de tempo, pois quanto maior for a necessidade de procedimentos de recuperação em estruturas de concreto, maiores serão os gastos, se comparados a gastos de manutenção preventiva e/ou correta execução das estruturas (BRIK et al., 2013) [8].

2.2.1 Corrosão

Segundo Helene (1992, p. 20) [2] "*para que a corrosão se manifeste é necessário que haja oxigênio (ar), umidade (água) e o estabelecimento de uma célula de corrosão eletroquímica (heterogeneidade da estrutura), que só ocorre após a despassivação da armadura*".

Para Helene (1986, p. 1) [9] "s*ão dois os processos principais de corrosão que podem sofrer as armaduras de aço para concreto armado: oxidação e a corrosão propriamente dita*". A diferença entre corrosão e oxidação, reside no fato de que a corrosão possibilita a formação de pilhas ou cadeias de micropilhas que promovem a formação da ferrugem, expandindo-se e promovendo tensões de tração, causando, assim, degradação do concreto. Já a oxidação, é uma reação gás-metal, formada por uma película de óxido e não provoca danos substanciais nas superfícies metálicas, exceto na existência de gases agressivos atmosféricos (ORNELAS et al., 2014) [10]. A "Figura 1", apresenta um exemplo de corrosão em estrutura de concreto armado.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 1: Corrosão em estrutura de concreto armado.

2.2.2 O fenômeno da carbonatação

A carbonatação pode ser entendida como reações químicas entre os componentes do cimento hidratado e o CO_2. Tais reações reduzem o pH da solução intersticial dos poros do concreto, podendo assim, ao se aproximar da armadura, desenvolver um processo corrosivo (CARMONA, 2005) [11].

Através de ensaios é possível identificar a profundidade de carbonatação. O fenômeno não é perceptível a olho nu, não reduz a resistência do concreto e até aumenta a dureza superficial. A depender da situação encontrada, no aparecimento de manchas, fissuras, e outros tipos de manifestações patológicas, pode-se dizer que a carbonatação atingiu a armadura e, consequentemente, promoveu a corrosão propriamente dita (HELENE, 1997) [12].

Os agentes agressivos do meio ambiente influem na deterioração das estruturas de concreto armado. Estes agentes penetram no concreto através da porosidade do cimento ou microfissuras (FIGUEIREDO e NEPOMUCENO, 2006) [13]. A "Figura 2 'exemplifica a identificação e profundidade da carbonatação.



Figura 2: Identificação e profundidade da carbonatação.

2.2.3 Reação álcali-agregado (RAA)

A reação álcali-agregado é uma mistura de reações químicas presentes no álcalis do cimento e agregados na presença de umidade. A manifestação patológica é identificada na forma de fissuras e deformações estruturais. Analisar a ocorrência do RAA nem sempre é uma tarefa fácil, pois existem outras manifestações patológicas com sintomas similares. Portanto, o RAA necessita de pesquisas minuciosas de seus efeitos e manifestações, analisando outras patologias (MIZUMOTO, 2009) [14].

Os principais efeitos deletérios provocados em estrutura de concreto, através da reação álcali-agregado, são a existência de fissuração elevada na superfície do concreto, desplacamento, perda de estanqueidade, perda de aderência de argamassa junto a superfície dos agregados, abertura ou deslocamento relativo de juntas de contração, abertura de juntas com fissuras horizontais, movimentação ou desalinhamento das superfícies livres, travamento ou deslocamento de equipamentos e peças móveis (HASPARYK, 2005) [15]. A "Figura 3" ilustra fissurações decorrentes da reação álcali-agregado.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459



Figura 3: Fissuração devido a reação álcali-agregado.

2.3 Metodologia

No presente trabalho foi realizado um estudo de caso na obra denominada Brisa Marina, em Aracaju-SE. Além de todas as atribuições e responsabilidades do trabalho, algumas atividades foram desenvolvidas especificamente e diretamente, em consideração à fase na qual a obra se encontrava.

A obra Brisa Marina conta com um amplo estudo de projetos, supervisão e gerenciamento de obras. Possui um rigoroso sistema de qualidade, visando trabalhar com segurança, desenvolvendo processos produtivos com foco na sustentabilidade do empreendimento do ponto de vista técnico, econômico e ambiental. A “Figura 4” ilustra a fachada do prédio na fase de acabamento.



Figura 4: Obra Brisa Marina

Trata-se de uma construção composta por 13 pavimentos tipo e consiste na produção de 52 unidades habitacionais multifamiliares. Essa edificação possui um sistema estrutural em concreto armado com lajes nervuradas e maciças, composto por pilares e vigas. A área interna do prédio é revestida em gesso projetado e forro de gesso, possui piso em porcelanato, revestimento cerâmico em áreas molhadas e a fachada revestida com pastilhas cerâmicas.

Através de metodologias descritas na literatura, foram analisados alguns tipos de manifestações patológicas que podem ser causadas pela falha no controle tecnológico do concreto. O estudo deste trabalho é do tipo quantitativo/qualitativo, com o intuito de analisar a rigorosidade do controle tecnológico do concreto armado de uma edificação, na tentativa de buscar resultados que visem garantir a qualidade da obra e sua relação com as manifestações patológicas.

A pesquisa foi iniciada através visitas *in loco*, durante os meses de Março a Outubro de 2015. Para chegar aos resultados, adotou-se como metodologia a inspeção visual, relatórios fotográficos e coleta de dados dos ensaios laboratoriais.

Durante o período supracitado, foram acompanhados alguns procedimentos de concretagem de lajes da obra, onde foram avaliados os projetos para a análise da espessura do cobrimento do concreto sobre o aço, o tempo de cura, a

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

resistência do concreto especificada no projeto aos 28 dias, além do acompanhamento da chegada do concreto na obra, a execução do ensaio de abatimento do tronco do cone (*slump test*), a rastreabilidade durante a execução do concreto na laje e as moldagens dos corpos de prova para o ensaio de resistência a compressão em laboratório, que geraram resultados que serão analisados mais adiante no trabalho.

No desenvolvimento do presente trabalho, foi possível a realização de uma visita técnica ao laboratório responsável pelo controle tecnológico do concreto utilizado na obra citada. A visita teve como objetivo conhecer e avaliar todo o processo e os cuidados relativos aos ensaios de resistência a compressão do concreto nas idades de 7 e 28 dias. Para tanto, foi feito o acompanhamento especificando o passo a passo desde a chegada do concreto na obra, até o último dia do ensaio de resistência à compressão.

Na obra Brisa Marina, foi feito o pedido de concreto na central dosadora para a 12ª e 13ª laje do pavimento tipo. Em cada laje foram utilizados 15 caminhões betoneiras (com 8 m³ de capacidade cada) e a bomba lança.

Na chegada do concreto a obra, antes do descarregamento do material, foram conferidos na nota fiscal do concreto a resistência do concreto a compressão, especificado no projeto da obra, o volume de concreto no caminhão betoneira, o número do lacre, avaliando se o mesmo estava danificado, o abatimento do tronco do cone (*slump test*), a folga de água e o endereço do local.

O *Slump Test* (Figura 5), foi realizado após a conferência da chegada do material, antes do descarregamento do concreto. Importante constar que o abatimento do tronco do cone é um ensaio muito importante para a identificação da relação água/cimento de cada lote.



Figura 5: Ensaio do abatimento do tronco do cone (*slump test*).

Durante o lançamento do concreto, foi feito o rastreamento do material lançado, demarcando as áreas e peças estruturais que foram concretadas, para que tenhamos que tratar uma não conformidade futura, como baixo resultado de resistência ou rachaduras e fissuras na estrutura

Na obra, foram moldados 4 corpos-de-prova cilíndricos, com dimensão de 10x20 cm (Figura 6), para cada caminhão betoneira. Os corpos-de-prova foram cobertos e armazenados sobre uma base nivelada, distante de áreas com circulação de pessoas e vibrações durante as primeiras 24 horas.



Figura 6: Moldagem dos corpos de prova

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Um dia antes do início da concretagem da laje, foram feitas as conferências das armaduras, formas, instalações hidráulicas, elétricas, conforme especificado no projeto, e espaçadores para garantir o cobrimento adequado. Houve limpeza no local, retirando todas as impurezas para não prejudicar o concreto. Em seguida, houve a verificação do vibrador, conferindo seu funcionamento para evitar erros na etapa de adensamento.

No dia seguinte, após 24 horas, a empresa terceirizada responsável pelo controle tecnológico recolheu as amostras e as transportaram para o laboratório. Ao observar o endurecimento do concreto, foi necessário proceder o desmolde, fazer a identificação dos materiais e transportá-los para a câmara úmida (Figura 7), deixando-os curar por 7 dias para o primeiro rompimento, e 28 dias para o segundo rompimento.



Figura 7: Armazenamento das amostras de concreto na câmara úmida

Com 7 dias, já no processo de cura do concreto, após serem retirados da câmara úmida e retificados, os corpos-de-prova foram conservados ao ar e, em seguida, levados para o ensaio de compressão em prensa. Aos 28 dias, foi realizado o segundo ensaio para comprovar se o concreto atendia as especificações do projeto. A “Figura 8” abaixo representa o ensaio de resistência à compressão em Prensa Hidráulica.



Figura 8: Presa Hidráulica e ensaio de compressão do concreto.

2.4 Resultados e discussões

Através dos procedimentos citados acima, o presente trabalho recolheu dados importantes sobre a resistência à compressão do concreto das lajes, e a importância de sua rigorosidade para controle tecnológico.

O cimento utilizado para a produção do concreto foi do tipo *CPII-F 40*. Trata-se de um material fino que proporciona elevada resistência em todas as idades. Os resultados obtidos através dos ensaios laboratoriais de resistência à compressão, analisados pelo corpo-de-prova 1 (CP I) e corpo-de-prova 2 (CP II), desenvolvidos em 7 dias após a concretagem da 12ª laje do pavimento tipo, estão demonstrados no “Quadro 1” e “Gráfico 1” a seguir:

Quadro 1: Ensaios de resistência à compressão: 12ª Laje, 7 dias

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPOS DE PROVA CILINDRICOS. F_{ck} = 30 MPa								
ENSAIO Nº	LOCAL DE CONCRETAGEM	DATA DE MOLDAGEM	SLUMP TEST (mm)	ADIÇÃO DE ÁGUA (L)	IDADES DE RUPTURA (DIAS)	TENSÃO E TIPO DE RUPTURA (MPa)		
						CP I	CP II	MAIOR
1	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	7	30,1	30,5	30,5
2	12º Pavimento	27/03/2015	120	50	7	26,3	26,7	26,7
3	12º Pavimento	27/03/2015	115	70	7	31,7	31,8	31,8
4	12º Pavimento	27/03/2015	120	60	7	29,1	29,5	29,5
5	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	7	24,7	26,3	26,3
6	12º Pavimento	27/03/2015	120	0	7	24,1	25,4	25,4
7	12º Pavimento	27/03/2015	120	70	7	29,1	30,5	30,5
8	12º Pavimento	27/03/2015	120	0	7	29,8	30,3	30,3
9	12º Pavimento	27/03/2015	120	30	7	24,7	25,7	25,7
10	12º Pavimento	27/03/2015	120	20	7	26,3	26,7	26,7
11	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	7	30,0	30,1	30,1
12	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	7	25,0	25,9	25,9
13	12º Pavimento	27/03/2015	120	60	7	30,5	31,5	31,5
14	12º Pavimento	27/03/2015	120	0	7	27,6	29,2	29,2
15	12º Pavimento	27/03/2015	120	20	7	30,1	30,3	30,3

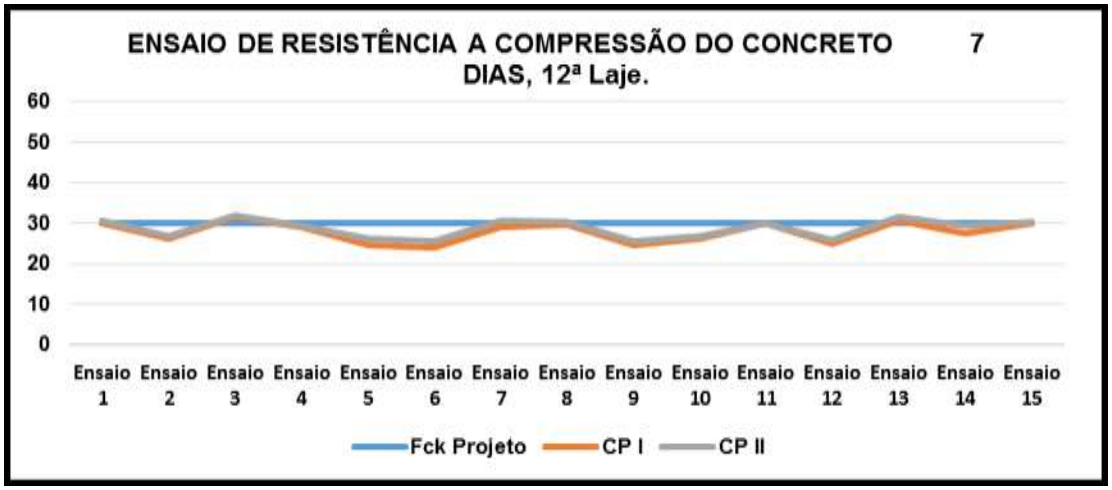

Gráfico 1: Ensaios de resistência a compressão: 12ª Laje, 7 dias

De acordo com os dados apresentados acima, todos os ensaios foram positivos, pois muitos corpos de prova alcançaram os 30 MPa em apenas 7 dias, sabendo-se que o mínimo aceitável é de 23,4 MPa, valor encontrado através da tabela de desenvolvimento do concreto em seu tempo de cura (Figura 9), essa tabela explica que o concreto misturado com o cimento CPII-F40 deverá estar com 78% de cura em 7 dias, logo, 78% de 30MPa é o valor mínimo encontrado (ABNT NBR 6118, 2014) [16]. O "Quadro 2" e "Gráfico 2" apresentam os resultados da resistência a compressão em 28 dias após a concretagem.

Tipo de Cimento Utilizado	3 dias	7 dias	14 dias	21 dias	28 dias
CP I / CP II	60%	78%	90%	96%	100%
CP III / CP IV	46%	68%	85%	94%	100%
CP V - ARY	66%	82%	92%	97%	100%

Figura 9: Evolução esperada da resistência à compressão

Quadro 2: Ensaios de resistência à compressão: 12ª Laje, 28 dias

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPOS DE PROVA CILINDRICOS. F_{ck} = 30 MPa								
ENSAIO Nº	LOCAL DE CONCRETAGEM	DATA DE MOLDAGEM	SLUMP TEST (mm)	ADIÇÃO DE ÁGUA (L)	IDADES DE RUPTURA (DIAS)	TENSÃO E TIPO DE RUPTURA (MPa)		
						CP I	CP II	MAIOR
1	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	28	37,8	39,0	39,0
2	12º Pavimento	27/03/2015	120	50	28	33,4	35,9	35,9
3	12º Pavimento	27/03/2015	115	70	28	38,7	40,3	40,3
4	12º Pavimento	27/03/2015	120	60	28	34,2	34,3	34,3
5	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	28	31,5	32,3	32,3
6	12º Pavimento	27/03/2015	120	0	28	30,5	33,3	33,3
7	12º Pavimento	27/03/2015	120	70	28	34,6	36,9	36,9
8	12º Pavimento	27/03/2015	120	0	28	34,8	35,9	35,9
9	12º Pavimento	27/03/2015	120	30	28	30,8	31,9	31,9
10	12º Pavimento	27/03/2015	120	20	28	33,2	35,7	35,7
11	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	28	36,0	37,4	37,4
12	12º Pavimento	27/03/2015	120	40	28	32,8	34,1	34,1
13	12º Pavimento	27/03/2015	120	60	28	38,0	39,5	39,5
14	12º Pavimento	27/03/2015	120	0	28	33,8	35,6	35,6
15	12º Pavimento	27/03/2015	120	20	28	36,1	38,3	38,3

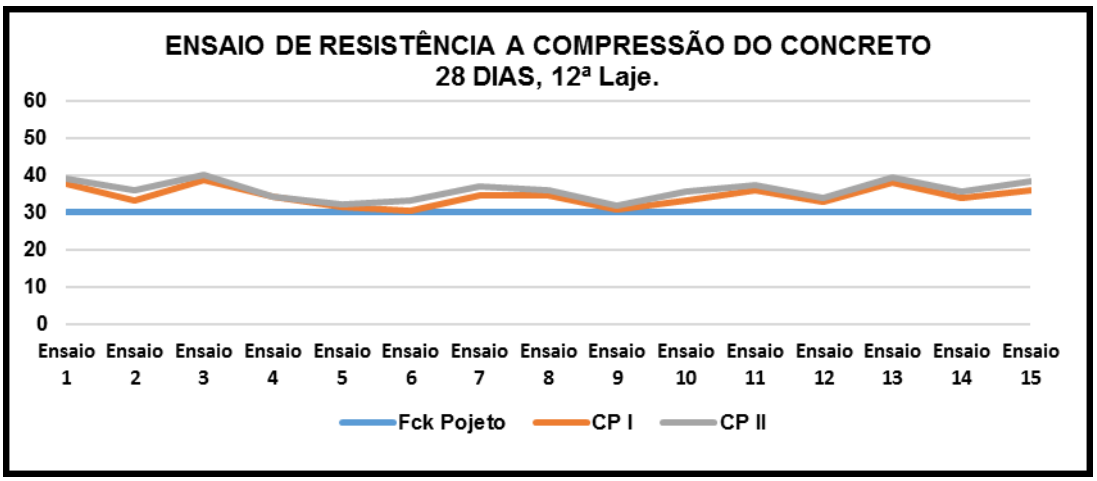

Gráfico 2: Ensaios de resistência à compressão: 12ª Laje, 28 dias

Verifica-se uma maior resistência no 3º ensaio, devido ao *Slump Test* estar 5 mm acima dos demais, o que significa que o concreto chegou na obra com uma quantidade de água menor, uma vez que quanto menor a quantidade de água, maior será sua resistência. Porém para melhorar a trabalhabilidade na concretagem, o caminhão betoneira tem uma folga de 10 litros d'água para cada 1 m³, então, para chegar ao *Slump* de 115 mm, foram adicionados alguns litros de água.

O concreto utilizado na obra gerou um *slump* de classe de agrupamento I, classe de resistência C30 e classe de consistência S100, a dimensão máxima para estas classes são de 19 mm, estando entre 100 a 160 mm do resultado do *slump test*.

Os resultados especificados acima na 12ª laje foram de grande relevância e estiveram acima de 30 MPa, conforme esperado. Isto significa que a estrutura apresentará um bom desempenho em serviço e, provavelmente, uma boa durabilidade.

Os ensaios de resistência à compressão do concreto na 13ª laje, em 7 dias após a concretagem, estão demonstrados no "Quadro 3" e "Gráfico 3".

Quadro 3: Ensaios de resistência a compressão: 13ª Laje, 7 dias

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPOS DE PROVA CILINDRICOS. F_{ck} = 30 MPa								
ENSAIO Nº	LOCAL DE CONCRETAGEM	DATA DE MOLDAGEM	SLUMP TEST (mm)	ADIÇÃO DE ÁGUA (L)	IDADES DE RUPTURA (DIAS)	TENSÃO E TIPO DE RUPTURA (MPa)		
						CP I	CP II	MAIOR
1	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	26,7	27,6	27,6
2	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	25,9	28,9	28,9
3	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	29,1	30,1	30,1
4	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	25,3	25,7	25,7
5	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	26,3	26,9	26,9
6	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	25,0	26,6	26,6
7	13º Pavimento	13/04/2015	120	30	7	28,1	29,2	29,2
8	13º Pavimento	13/04/2015	110	30	7	26,3	26,9	26,9
9	13º Pavimento	13/04/2015	110	20	7	25,7	26,8	26,8
10	13º Pavimento	13/04/2015	110	20	7	31,9	33,3	33,3
11	13º Pavimento	13/04/2015	110	10	7	27,9	29,5	29,5
12	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	24,4	25,9	25,9
13	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	34,6	35,5	35,5
14	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	30,1	30,6	30,6
15	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	7	26,6	28,3	28,3

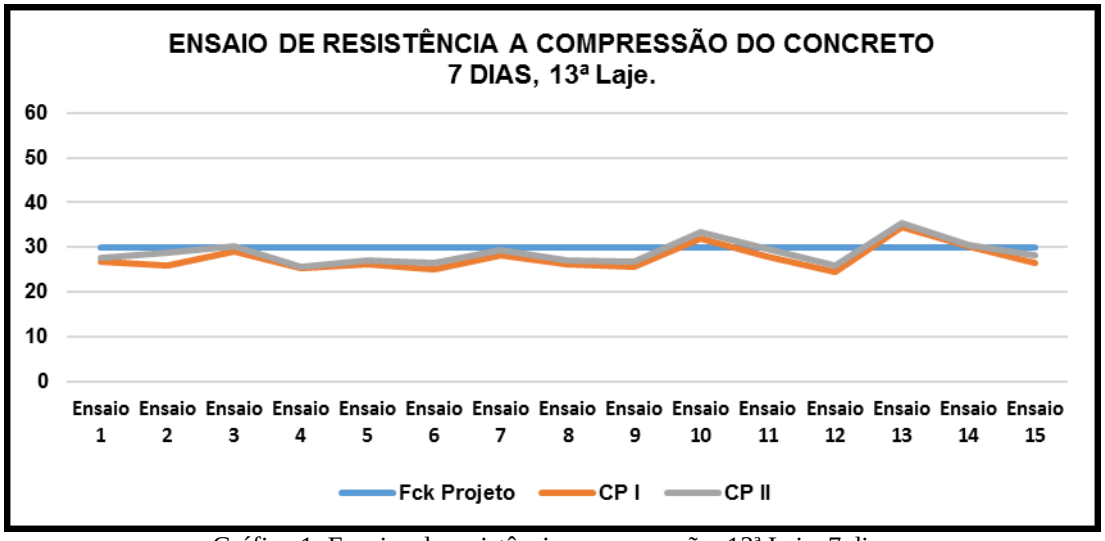

Gráfico 1: Ensaios de resistência a compressão: 13ª Laje, 7 dias

Em 7 dias, todos os ensaios alcançaram bons resultados, estando acima de 23,4 MPa, onde o 3º, 10º, 13º e 14º ensaios alcançaram o f_{ck} 30 MPa especificado no projeto. O quadro 4 e gráfico 4 apresentam resultados dos ensaios de resistência a compressão da 13ª laje em 28 dias.

Quadro 4: Ensaios de resistência a compressão: 13ª Laje, 28 dias

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO AXIAL DE CORPOS DE PROVA CILINDRICOS. FCK = 30 MPa								
ENSAIO Nº	LOCAL DE CONCRETAGEM	DATA DE MOLDAGEM	SLUMP TEST (mm)	ADIÇÃO DE ÁGUA (L)	IDADES DE RUPTURA (DIAS)	TENSÃO E TIPO DE RUPTURA (MPa)		
						CP I	CP II	MAIOR
1	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	35,2	36,9	36,9
2	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	34,3	36,6	36,6
3	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	34,6	37,4	37,4
4	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	33,1	34,3	34,3
5	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	32,0	35,6	35,6
6	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	34,6	35,9	35,9
7	13º Pavimento	13/04/2015	120	30	28	34,6	36,9	36,9
8	13º Pavimento	13/04/2015	110	30	28	35,2	37,0	37,0
9	13º Pavimento	13/04/2015	110	20	28	34,2	34,3	34,3
10	13º Pavimento	13/04/2015	110	20	28	35,9	38,1	38,1
11	13º Pavimento	13/04/2015	110	10	28	32,0	33,1	33,1
12	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	35,5	35,7	35,7
13	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	36,2	37,4	37,4
14	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	30,9	34,3	34,3
15	13º Pavimento	13/04/2015	120	0	28	32,2	35,2	35,2

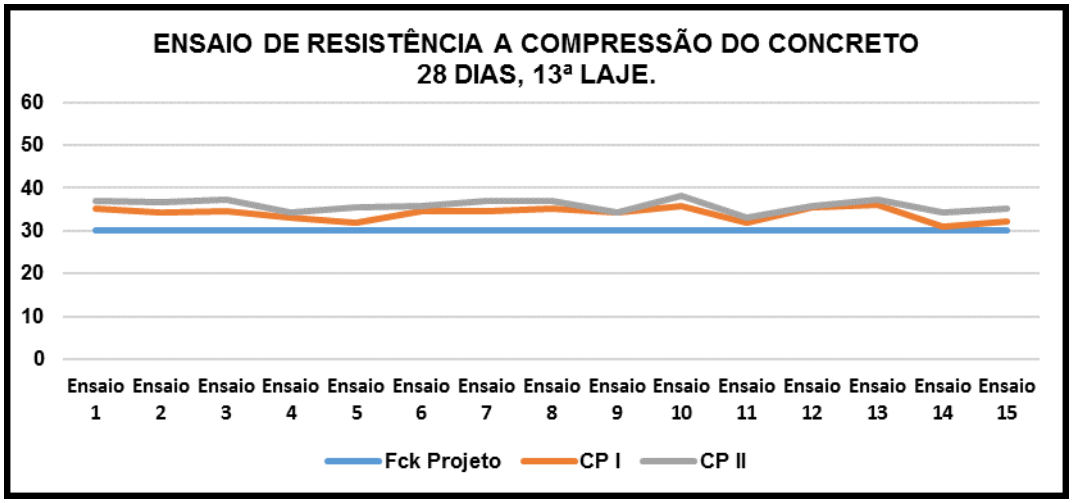

Gráfico 4: Ensaios de resistência a compressão: 13ª Laje, 28 dias

Comparando-se os resultados de 7 com 28 dias, nota-se que o 13º ensaio no 7º dia teve a maior resistência a compressão, chegando a 35,5 MPa. Já em 28 dias a maior resistência alcançada foi no 10º ensaio, alcançando 38,1 MPa. Ou seja, o concreto mais resistente continuou sendo o que teve *slump test* mais alto e com menor quantidade de água.

Todos os ensaios da 12ª e da 13ª laje obtiveram resultados positivos, alcançando valores de resistências acima de 30 MPa. Isso significa que todos os procedimentos com relação ao controle tecnológico foram executados de forma satisfatória, de acordo com o especificado nas normas e projetos.

Afim de abordar a essência do controle tecnológico do concreto, foi elaborado uma análise estatística sobre a resistência média, desvio padrão, coeficiente de variação e a resistência estimada, na 12ª laje em 28 dias e 13ª laje em 28 dias, conforme ilustrado no quadro 5 e 6.

Abril de 2016
ISSN 2448-1459

Quadro 5: Resultado estatístico: 12ª Laje em 28 dias.

Ensaio nº	Resistência Média	Desvio padrão	Coeficiente variação (%)	Resistência estimada (MPa)
1	38,4	0,8485	2,21	37,00
2	34,65	1,7678	5,10	31,74
3	39,5	1,1313	2,86	37,64
4	34,25	0,0707	0,21	34,13
5	31,9	0,5657	1,77	30,97
6	31,9	1,9799	6,21	28,64
7	35,75	1,6263	4,55	33,07
8	35,35	0,7778	2,20	34,07
9	31,35	0,7778	2,48	30,07
10	34,45	1,7678	5,13	31,54
11	36,7	0,9899	2,70	35,07
12	33,45	0,9192	2,75	31,94
13	38,75	1,0607	2,74	37,01
14	34,7	1,2728	3,68	32,61
15	37,2	1,5556	4,18	34,64

Quadro 6: Resultado estatístico: 13ª laje em 28 dias.

Ensaio nº	Resistência Média	Desvio padrão	Coeficiente variação (%)	Resistência estimada (MPa)
1	36,05	1,2021	3,33	34,07
2	35,45	1,6263	4,59	32,77
3	36	1,9799	5,50	32,74
4	33,7	0,8485	2,52	32,30
5	33,8	2,5456	7,53	29,61
6	35,25	0,9192	2,61	33,74
7	35,75	1,6263	4,55	33,08
8	36,1	1,2728	3,53	34,01
9	34,25	0,0707	0,21	34,13
10	37	1,5556	4,20	34,44
11	32,55	0,7778	2,39	31,27
12	35,6	1,1045	3,10	33,78
13	36,8	0,8485	2,31	35,40
14	32,6	2,4042	7,38	28,65
15	33,7	2,1213	6,29	30,21

Pode-se observar que quanto menor for o desvio padrão, menor será sua porcentagem sobre coeficiente de variação, consequentemente, maior será a resistência estimada, ou seja, maior será a qualidade do concreto. Contudo os resultados são satisfatórios, pois todos os resultados da resistência média são maiores que a resistência estimada.

Para alcançar tão relevantes resultados, foram necessários ter todos os equipamentos de dosagem e laboratoriais calibrados e a utilização de materiais com boa qualidade, como por exemplo o cimento, água e agregados. A dosagem deve ser adequada, sem excesso ou escassez de aditivos para que não altere a resistência do material. O concreto esteve armazenado em um caminhão betoneira adequado e foi descarregado antes que ultrapassasse ao vencimento do mesmo.

Em virtude dos fatores citados, na obra Brisa Marina não foram identificadas manifestações patológicas decorrentes de falhas no controle tecnológico como a corrosão devido carbonatação. Todo o cobrimento do concreto na armadura estava de acordo com o projeto; não ocorreram fissuras, não deixando, assim, passagem para agentes agressivos. Também não foram observadas a ocorrência da manifestação do tipo reação álcali-agregado durante o período de estudo.

Portanto, não foram identificadas falhas humanas no processo de produção do concreto e nem na moldagem dos corpos de prova

3. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou dados e um embasamento teórico sobre a importância do controle tecnológico do concreto armado em uma edificação, visando a prevenção de manifestações patológicas como a corrosão, carbonatação e reação álcali-agregado.

Foi possível observar as dificuldades em manter uma estrutura em perfeita ordem, e a atenção da administração da obra para não ocorrerem falhas durante a execução. Mesmo com mudanças de tempo, atrasos dos caminhões betoneiras no dia da concretagem, foram feitos todos os seguimentos de acordo com as normas, prevenindo-os de problemas futuros.

Conclui-se que o empenho no controle tecnológico do concreto beneficia a durabilidade do mesmo. Os resultados obtidos refletem o cuidado que foi dado ao concreto na fase de execução, o que acarretou num produto de alta qualidade e que atendeu as especificações.

4. REFERÊNCIAS

[1] CÁNOVAS, Manuel Fernández. ***Patologia e Terapia do Concreto Armado.*** São Paulo: PINI, 1988, 522 p.

[2] HELENE, Paulo R. L. *Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto.* 2ª ed. – São Paulo: PINI, 1992, 213 p.

[3] SOUZA, Vicente C.; RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo: PINI, 1998, 257 p.

[4] PINHEIRO, Libânio M.. ***Fundamentos do Concreto e projeto de edifícios.*** São Carlos, 2007, 380 p.

[5] CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. ***Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação.*** 2. ed. Brasília: Unb, 2008.

[6] NEVILLE A. M.; BROOKS J. J. *Tecnologia do concreto.* 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

[7] TUTIKIAN, Bernardo F; HELENE, Paulo. *Dosagem dos Concretos de Cimento Portland.* IBRACON, 2011.

[8] BRIK, Eveline Manosso Janik; MOREIRA, Luciana dos Passos; KRUGER, José Adelino. "Estudo das patologias em estruturas de concreto provenientes de erros em ensaios e em procedimentos executivos". ***8º Encontro de Engenharia e Tecnologia de Campos Gerais,*** Campos Gerais, v. 1, p.1-12, 27 ago. 2013.

[9] HELENE, Paulo R. L. *Corrosão em armaduras para concreto armado.* 1ª ed. – São Paulo: PINI, 1986.

[10] ORNELAS, Flávio S. et al. "Estudo de caso: Manifestações patológicas encontradas na ponte sobre o Rio Tocantins - Municipio de Porto Nacional". ***1º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções,*** Foz do Iguaçu, p.1-14, maio 2014.

[11] CARMONA, Thomas Garcia. ***Modelos de previsão da despassivação das armaduras em estruturas de concreto sujeitas a carbonatação.*** 2005. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

[12] HELENE, Paulo L. R. "Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto". ***Ambiente Construído,*** São Paulo, v. 1, p.45-57, jul. 1997. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/3355>. Acesso em: 12 set. 2015.

[13] FIGUEIREDO, Chenia R.; NEPOMUCENO, Antonio A.. "Relação entre a carbonatação e a absortividade em edificações de concreto em Brasília". ***XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído,*** *Florianópolis*, p.2972-2979, 23 ago. 2006.

[14] MIZUMOTO, Camilo. ***Investigação da reação álcali-agregado (RAA) em testemunhos de concreto e agregados constituintes.*** 2009. 159 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

[15] HASPARYK, Nicole Pagan. ***Investigação de concretos afetados pela reação álcali-agregado e caracterização avançada pelo gel exsudado.*** 2005. 326 p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ***NBR 6118****: Projetos de estrutura de concreto – Procedimento.* 3ed. Rio de Janeiro, 2014, 238p.