

CONTROLE TECNOLÓGICO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS: UM ESTUDO DE CASO DE UM EDIFÍCIO EM SOBRAL

ISMAEL RIBEIRO VASCONCELOS NETO^{1*}, NADINE RIBEIRO VASCONCELOS², GERSON LUIZ APOLIANO ALBUQUERQUE³

¹Estudante de Engenharia Civil, Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Rua José Barbosa Lima, 56 - Sobral-CE, ismaelribeiro01@gmail.com;

²Engenheira Civil, Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Rua José Barbosa Lima, 56 - Sobral-CE, nadineribeirov@gmail.com;

³Engenheiro Civil, Prof. Me., Universidade Estadual Vale do Acaraú-UVA, Rua Osvaldo Rangel, 477, Sobral-CE, gersonapoliano@hotmail.com.

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: Este trabalho objetivou analisar o controle tecnológico da argamassa e do concreto, especificamente quanto à resistência característica à compressão, em diferentes elementos estruturais de um edifício em Sobral. Foram analisados os resultados obtidos da resistência à compressão axial, aos 28 dias, em corpos de prova, confeccionados a partir de amostras retiradas de cada argamassada/concretagem e comparados com a resistência especificada em projeto. No total, foram confeccionados 2.106 corpos de prova, tendo sido rompidos 1.090 aos 28 dias. A pesquisa se deu no período de 12 de maio de 2015 a 15 de abril de 2016. A metodologia utilizada foi uma pesquisa experimental com um estudo de caso de uma obra. Os elementos estruturais que obtiveram resistência mais satisfatórias foram as argamassas das estacas raiz, com 87% da resistência igual ou superior ao exigido em projeto, que é 20MPa, enquanto que os elementos estruturais que obtiveram os piores resultados foram os concretos dos pilares, vigas e lajes, onde 56% atingiram a resistência igual ou superior ao exigido em projeto, que é 30MPa. De maneira geral, os resultados foram satisfatórios, pois dentre todos os elementos estruturais, 73,7% atingiram resistência igual ou superior ao exigido em projeto. Além disso, houve aprovação da projetista que concluiu que não havia necessidade de nenhum reforço estrutural na edificação.

PALAVRAS-CHAVE: Controle Tecnológico, Resistência, Corpos de Prova.

TECHNOLOGICAL CONTROL IN DIFFERENT STRUCTURAL ELEMENTS: A CASE STUDY OF A BUILDING IN SOBRAL

ABSTRACT: This work aimed to analyze the technological control of mortar and concrete, specifically regarding the characteristic strength to compression, in different structural elements of a building in Sobral. The results of axial compression strength were analyzed at 28 days in test specimens, made from samples taken from each mortar/concreting and compared to the strength specified in the design. In total, 2,106 specimens were made, and 1,090 were ruptured at 28 days. The research was carried out in the period from May 12, 2015 to April 15, 2016. The methodology used was an experimental research with a case study of a construction. The structural elements that obtained the most satisfactory strength were mortars of the micropile, with 87% of the strength equal to or greater than that required in the project, which is 20MPa, while the structural elements that obtained the worst results were the concretes of the pillars, beams and slabs, where 56% achieved strength equal to or greater than that required in the project, which is 30MPa. In general, the results were satisfactory, because among all the structural elements, 73.7% reached strength equal to or greater than the required in the project. Besides, there was approval by the designer who concluded that there was no need for any structural reinforcement in the building.

KEYWORDS: Technological Control, Strength, Specimen.

INTRODUÇÃO

Qualidade, segurança e durabilidade das edificações sempre foram uma preocupação constante para a Engenharia Civil. Daí surge a necessidade do controle tecnológico da argamassa e do concreto por ocasião da execução da obra. O controle tecnológico deve comprovar que os materiais utilizados atendem aos requisitos exigidos pelas normas, comprovando a sua qualidade e eficiência.

Fortes (2004) afirma que o controle tecnológico engloba o conhecimento e a experiência tecnológica de técnicos especializados. Além disso, as rotinas do controle devem ser especificadas e orientadas por normalização, requerendo treinamento e atualização constante. O laboratório deve possuir instalações e equipamentos calibrados atendendo os requisitos de confiabilidade.

Assim, o controle tecnológico se apresenta como uma solução eficiente para se evitar problemas estruturais e se aplica a todos os elementos estruturais. Um desses controle é avaliar a resistência característica à compressão. De acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), a resistência característica à compressão do concreto (f_{ck}) é o valor de resistência à compressão acima do qual se espera ter 95% de todos os resultados possíveis de ensaios da amostragem feita. A resistência média à compressão do concreto (f_{cmj}) corresponde ao valor desta resistência média a “j” dias. Quando não for indicada a idade, considera-se $j = 28$ dias.

MATERIAIS E MÉTODOS

A obra estudada consiste em um edifício residencial multifamiliar com 5.599,08 m² de área construída, nível “B” de certificação PBQP-H, constituído por 15 pavimentos, sendo subsolo, térreo, lazer e 12 pavimentos tipo, onde foram executadas 72 estacas raiz, 29 blocos de fundação, 29 pilares, todos interligados por vigas e 15 lajes protendidas.

Os controles realizados pela empresa foram agrupados em: a) controle dos materiais, sendo verificada a granulometria dos agregados, a forma e o local de estocagem dos agregados e o tipo de cimento utilizado; b) dos equipamentos; c) da operação, sendo verificada a manutenção ou não do traço, da influência do operador de betoneira na forma de preparo de concreto, no controle da cura; d) dos procedimentos de ensaios, como o *slump test*; ensaio de integridade (PIT), teste de carga estática, resistência característica à compressão axial.

Neste trabalho, foi analisada a resistência à compressão axial da argamassa (para estacas raiz), e do concreto (para os blocos de fundação e cintas de amarração dos blocos, pilares, vigas e lajes), medida em ensaios destrutivos de corpos de prova cilíndricos, medindo 100mm de diâmetro por 200mm de comprimento. As resistências de projeto foram: a) para a argamassa = mínimo de 20MPa; b) para o concreto = mínimo de 30MPa. O concreto foi fornecido por empresa especializada, por meio de caminhões betoneira de 320 litros.

O início do controle tecnológico ocorreu no dia 12 de maio de 2015, com a execução das primeiras estacas e retirada dos primeiros corpos de prova das argamassas, tendo sido produzidos um total de 761 corpos de prova, sendo um total de 9 laudos de controle tecnológico, em 1 lote.

A primeira concretagem na obra aconteceu no dia 13 de agosto de 2015, com os blocos de fundação e teve fim no dia 15 de abril de 2016, com uma segunda concretagem no 5º pavimento tipo, sendo divididos em 40 laudos, divididos em 21 lotes e 1.345 corpos de prova.

Os procedimentos, em relação ao concreto usinado, eram os seguintes: após a chegada do caminhão betoneira na obra, era feita a retirada da amostra para o *slump test*, a fim de verificar se está dentro do exigido. Caso estivesse dentro dos limites permitidos, eram retiradas amostras do concreto em 6 corpos de prova para cada caminhão, conforme mostra a Figura Nº. 01 abaixo. E, logo em seguida, o concreto era lançado no elemento estrutural a ser concretado.

O controle e os ensaios foram realizados pelo mesmo laboratório. As amostras coletadas durante a argamassada/concretagem, eram agrupados de dois em dois exemplares de corpos de prova, conforme NBR 5738 (ABNT, 2015), para cada idade de rompimento, moldados no mesmo ato.

Considerou-se o controle estatístico do concreto por amostragem parcial, conforme NBR 12655 (ABNT, 2015), considerando a realização de ensaios conforme cronograma abaixo:

- rompimento de 02 exemplares aos 7 (sete) dias de idade;
- rompimento de 02 exemplares aos 28 (vinte e oito) dias de idade;
- rompimento de 02 exemplares para contraprovas.

Após os resultados das resistências serem recebidos do laboratório, os mesmos eram analisados e, caso existissem amostras (resultado da média dos 02 exemplares) com valores abaixo da resistência aos 28 dias especificada em projeto, eram enviados relatórios para a projetista estrutural, especificando o valor obtido e a que elemento estrutural correspondia, para sua análise. A projetista analisava e verificava a necessidade ou não da realização de algum reforço estrutural. Na obra em questão, apesar de alguns resultados terem sido abaixo do especificado em projeto, não houve, segundo parecer da projetista, a necessidade de nenhum reforço estrutural.

Figura 1 – Realização de *slump test* e moldagem dos corpos de prova.



Fonte: própria, 2016.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para as estacas raiz, foram confeccionados 562 corpos de prova e rompidos aos 28 dias. Foram coletadas duas amostras para cada “argamassada” (assim chamado cada traço), tendo sido coletados, em média, quatro corpos de prova para cada estaca. Calculada a média aritmética das duas amostras coletadas, obteve-se 281 dados, cujos resultados são mostrados na Tabela 1 abaixo. A resistência à compressão exigida no projeto para argamassa das estacas raiz era de 20MPa, no mínimo. A média das resistências ficou em 25,39MPa. Porém, 37 (13%) dos resultados ficaram abaixo de 20MPa, enquanto 244 (87%) ficaram acima. Resultados que foram aceitos pela projetista.

Tabela 1 – Resistência à Compressão, em MPa, aos 28 dias, da argamassa das estacas raiz.

Resistência (em MPa)	Nº.	%	Nº. acumulado	% acumulado
12,0 a < 13,9	3	1,1	3	1,1
13,9 a < 15,8	6	2,1	9	3,2
15,8 a < 17,7	9	3,2	18	6,4
17,7 a < 19,6	16	5,7	34	12,1
19,6 a < 21,5	34	12,1	68	24,2
21,5 a < 23,4	35	12,5	103	36,7
23,4 a < 25,3	28	10,0	131	46,7
25,3 a < 27,2	40	14,2	171	60,9
27,2 a < 29,1	45	16,0	216	76,9
29,1 a < 31,0	30	10,7	246	87,6
31,0 a < 32,9	15	5,3	261	92,9
32,9 a < 34,8	12	4,3	273	97,2
34,8 a < 36,7	4	1,4	277	98,6
36,7 a < 38,6	2	0,7	279	99,3
38,6 a < 40,5	2	0,7	281	100,0
Total	281	100,0		

Fonte: Tec Test, 2016.

Para os blocos de fundação e cintas de amarração dos blocos, que eram executados simultaneamente, foram confeccionados 64 corpos de prova, sendo 32 rompidos aos 7 dias e 32 rompidos aos 28 dias, com o mesmo procedimento de média aritmética, gerando assim, 16 resultados. As amostras dos corpos de prova foram coletadas entre os blocos e as cintas. A Tabela 2 abaixo mostra os resultados obtidos. A resistência exigida no projeto era de 30MPa, no mínimo. A média das resistências ficou em 28,98 MPa. Pela Tabela 2 abaixo, observa-se que 06 resultados (37,5%) ficaram abaixo do exigido em projeto, que é 30MPa, enquanto 10 resultados (62,5%) ficaram igual ou acima

de 30MPa. Por definição da projetista de estruturas da obra, todos foram aceitos sem necessidade de reforço estrutural.

Tabela 2 - Resistência à Compressão, em MPa, aos 28 dias, do concreto dos blocos de fundação e cintas de amarração dos blocos.

Resistência (em MPa)	Nº.	%	Nº. acumulado	% acumulado
23,7 a < 25,5	3	18,75	3	18,75
25,5 a < 27,3	3	18,75	6	37,50
27,3 a < 29,1	0	0	6	37,50
29,1 a < 30,9	4	25,00	10	62,50
30,9 a < 32,7	6	37,50	16	100,00
Total	16	100,00		

Fonte: Tec Test, 2016.

Para os pilares, foram confeccionados um total de 236 corpos de prova, sendo 118 rompidos aos 7 dias e 118 rompidos aos 28 dias, sendo duas amostras de cada concretagem e calculada a média aritmética, gerando assim, 59 resultados, mostrados na Tabela 3 abaixo. A resistência de projeto para os pilares era de 30MPa, no mínimo. A média ficou em 30,5MPa,. Porém, observou-se que 26 resultados (44%) ficaram abaixo de 30MPa, enquanto 33 resultados (56%) ficaram acima ou igual. Porém, todos obtiveram aprovação da projetista, sem necessidade de reforço.

Tabela 3 - Resistência à Compressão, em MPa, aos 28 dias, do concreto dos pilares.

Resistência (em MPa)	Nº.	%	Nº. acumulado	% acumulado
23,4 a < 25,9	2	3,4	2	3,4
25,9 a < 28,4	14	23,7	16	27,1
28,4 a < 30,9	23	39,0	39	66,1
30,9 a < 33,4	8	13,6	47	79,7
33,4 a < 35,9	9	15,2	56	94,9
35,9 a < 38,4	0	0,0	56	94,9
38,4 a < 40,9	0	0,0	56	94,9
40,9 a < 43,4	3	5,1	59	100,0
Total	59	100,00		

Fonte: Tec Test, 2016.

Para as vigas e lajes, concretadas simultaneamente, foram coletados um total de 568 corpos de prova, sendo 284 rompidos aos 7 dias e 284 rompidos aos 28 dias, sendo duas amostras de cada concretagem e calculada a média aritmética, gerando, assim, 142 resultados. Os resultados estão na Tabela 4 abaixo. A resistência de projeto era de 30MPa, no mínimo. A média das resistências ficou em 30,04MPa. Observou-se que 62 resultados (44%) ficaram abaixo de 30MPa, enquanto 80 resultados (56%) ficaram acima ou igual ao desejado, atingiram a resistência esperada. Porém, não houve necessidade de reforço estrutural, de acordo com a projetista.

Tabela 4 - Resistência à Compressão, em MPa, aos 28 dias, do concreto das vigas e lajes.

Resistência (em MPa)	Nº.	%	Nº. acumulado	% acumulado
20,5 a < 22,7	3	2,1	3	2,1
22,7 a < 24,9	5	3,5	8	5,6
24,9 a < 27,1	28	19,7	36	25,3
27,1 a < 29,3	21	14,8	57	40,1
29,3 a < 31,5	44	31,0	101	71,1
31,5 a < 33,7	17	12,0	118	83,1
33,7 a < 35,9	15	10,6	133	93,7
35,9 a < 38,1	4	2,8	137	96,5
38,1 a < 40,3	3	2,1	140	98,6
40,3 a < 42,5	1	0,7	141	99,3
42,5 a < 44,7	0	0,0	141	99,3
44,7 a < 46,9	1	0,7	142	100,0

Total	142	100,00		
--------------	------------	---------------	--	--

Fonte: Tec Test, 2016.

Quando a amostra apresenta resistência inferior ao projetado, rompe-se os corpos de prova destinados a contraprovas, que servem para verificar se aquele resultado dos 28 dias sofreu alteração com o passar dos dias. Eles foram rompidos apenas para as amostras de corpos de prova de concreto que tiveram média inferior a 30 MPa aos 28 dias. No total, 94 corpos de prova apresentaram resistência abaixo do exigido (30MPa) e, dessas amostras, foram rompidos os contraprovas aos 40 dias, cujos resultados encontram-se na Tabela 5 abaixo. Observou-se que, mesmo após 40 dias, 85% dos resultados ficaram abaixo e que apenas em torno de 15% dos resultados atingiram resistência igual ou superior ao exigido conforme projeto.

Tabela 5 - Resistência à Compressão, em MPa, aos 40 dias, dos contraprovas.

Resistência (em MPa)	Nº.	%	Nº. acumulado	% acumulado
23,4 a < 25,4	2	2,1%	2	2,1%
25,4 a < 27,4	14	14,9%	16	17,0%
27,4 a < 29,4	16	17,0%	32	34,0%
29,4 a < 31,4	33	35,1%	65	69,1%
31,4 a < 33,4	15	16,0%	80	85,1%
33,4 a < 35,4	11	11,7%	91	96,8%
35,4 a < 37,4	2	2,1%	93	98,9%
37,4 a < 39,4	1	1,1%	94	100,0%
Total	94	100,0%		

Fonte: Tec Test, 2016.

CONCLUSÃO

As resistências da argamassa das estacas raiz foram as que apresentaram os resultados mais satisfatórios, pois 87% apresentaram resistência igual ou superior ao exigido em projeto, que é 20MPa, enquanto apenas 13% apresentaram resistência inferior. Os resultados menos satisfatórios foram as resistências do concreto destinado à execução de pilares, vigas e lajes, pois 56% atingiram resistências iguais ou superiores ao exigido em projeto, que é 30MPa, enquanto 44% dos resultados ficaram abaixo do esperado. Já para os blocos de fundação e cintas de amarração dos blocos, 62,5% das resistências foram superiores ao exigido em projeto, que é 30MPa, enquanto 37,5% de seus resultados foram inferiores. De maneira geral, os resultados dos ensaios de resistência à compressão axial foram satisfatórios, pois dentre todos os elementos estruturais uma média de 73,7% obteve resultados satisfatórios, atingindo resistência igual ou superior ao especificada em projeto. Além disso, houve aprovação da projetista que concluiu que não havia necessidade de nenhum reforço estrutural. Portanto, o controle tecnológico é fundamental para análise e comprovação da segurança estrutural, verificação de necessidade de reforços, garantia de durabilidade e aumento da vida útil da estrutura.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Concreto de cimento Portland – Preparo, controle e recebimento – Procedimento*. NBR 12655. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. *Concreto – Procedimento para Moldagem e Cura de Corpos de Prova*. NBR 5738. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

FORTES, Rita Moura; MERIGHI, João Virgílio. *Controle Tecnológico de Qualidade – Um alerta sobre sua importância*. Brasília, 2004.

TEC TEST. *Laudos referentes ao controle tecnológico do concreto e da argamassa, das provas e contraprovas*, 2016.