

Resistências de concreto moldados com amostras coletadas no painel da parede diafragma

Sussumu Niyama

Diretor, Tecnum Engenharia e Construções, São Paulo, Brasil, sniyama@tecnum.com.br

RESUMO: O presente artigo pretende avaliar e comparar resistências de concreto obtidas convencionalmente com aquelas obtidas com amostras coletadas do interior das lamelas de parede diafragma, em presença de lama de bentonita, numa obra imobiliária denominada Lexy Boulevard – Vila Clementino, em São Paulo. Para tanto, foi concebido, o “Coletor de Amostra de Concreto” do interior das lamelas, no trecho subsuperficial, tão logo o processo de concretagem submersa fosse concluída, com o extravasamento do concreto pela cota superior da mureta guia. Foram, inicialmente, coletadas amostras a 0,50m e a 1,0m da cota de topo das lamelas e numa segunda fase, coletadas também a 0,20m do topo da mureta guia. Complementarmente, foram extraídos corpos de prova, na posição horizontal da parede diafragma, com idades entre 55 e 100 dias, a 20cm abaixo do topo das mesmas para os ensaios de resistência. Os resultados obtidos indicaram que as resistências obtidas nos corpos de prova moldados na concretagem submersa, atingiram valores próximos de corpos de prova moldados com amostras das betoneiras, bem como dos resultados de corpos de prova extraídos da parede. Adicionalmente, concluiu-se a possibilidade de redução da altura de arrasamento da parede, visto que as resistências obtidas no trecho superior atendiam as resistências de projeto.

PALAVRAS-CHAVE: concreto, parede diafragma,

ABSTRACT: This paper presents the comparative analysis of concrete strengths obtained, conventionally, with those obtained with samples collected from the interior of the diaphragm wall panels, during execution, in the presence of bentonite mud, for a real estate project called Lexy Boulevard – Vila Clementino, in São Paulo City. For this purpose, it was developed an “Concrete Sample Collector” from inside the panels, at small depth from the surface level, as soon as the concreting process was completed, with the concrete overflowing through the upper level of the guide wall. Samples were collected at 0.50m and 1.0m from the top of the some panels. Also, they were collected at 0.20 m from the top in other panels. Complementary, concrete samples extracted, 20cm below the top of the diaphragm walls, aged between 55 and 100 days, were tested. The results indicate that resistances obtained in the specimens, molded with concrete inside the panels, reached practically the same values of the specimens molded from the concrete trucks, consistent with the results of the extracted specimens. An additional conclusion was the reduction of the height of the diaphragm wall razing, since the resistances obtained in the upper section already met the design resistances.

KEYWORDS: concrete, diaphragm wall

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



1 Introdução e objetivos

Como se sabe, as resistências de concreto, para fins de controle tecnológico numa obra, de maneira geral, são obtidas a partir de corpos de prova moldados com amostras coletadas junto aos caminhões betoneiras. No caso de execução de elementos de fundações e contenções, não é diferente.

Neste artigo, pretende-se analisar eventuais diferenças entre as resistências assim obtidas, de maneira usual, com as resistências obtidas em corpos de prova moldados a partir do concreto lançado no interior das lamelas de uma parede diafragma com uso de fluido estabilizante de lama (concretagem submersa), numa obra imobiliária gerenciada pela Tecnum Construtora, no bairro da Vila Clementino, em São Paulo.

Adicionalmente, além da comparação das resistências, buscou-se verificar se as resistências do concreto das lamelas na região superior, junto à cota de topo, estariam “contaminados”, apresentando resistências mais baixas, como consequência. Essa expectativa e ma certa “cultura” tem justificado a necessidade de arrasar esse trecho superficial.

2 Características geotécnicas do local e do projeto

O terreno da obra apresentava um desnível de cerca de 3 m longitudinalmente numa distância de cerca de 100 m (uma quadra). Na Figura 1 é apresentada uma sondagem representativa da região das lamelas onde foram feitas as coletas para pesquisa. Faz parte da Bacia Sedimentar Terciária de São Paulo, com camadas competentes por volta da cota 755 m, onde se encontram as camadas de argila siltosa, dura, cinza e amarela. A cota de topo da parede diafragma seria da ordem de 776 m e a cota de ponta em 756 m (já na camada competente). A espessura da parede diafragma utilizada foi parte em 40 cm e parte em 30 cm. O nível do 1º subsolo seria de 773,07 m e do 2º subsolo de 769,83 m.

O projeto de fundações especificou concreto com traço padrão ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem do Brasil, SB, que prevê fator/água cimento $\leq 0,55$ e $f_{ck} \geq 30$ Mpa, entre outros parâmetros. No entanto, o consumo mínimo de cimento foi estipulado em 350 kg/m^3 , pois o projeto foi elaborado após a Emenda na NBR 6122/2019, editada em 25/03/2023, onde o consumo mínimo de cimento poderia ser de 350 kg/m^3 inferior ao que preconizava a referida norma, antes da referida emenda. No entanto, para parede de espessura de 40 cm, por receber cargas altas de vários pilares, optou-se manter os 400 kg/m^3 de consumo de cimento. E no caso de parede de espessura de 30 cm, apesar de liberar o mínimo de 350 kg/m^3 de consumo de cimento, a concreteira encaminhava o seu traço próprio para parede diafragma, com consumo de 367 kg/m^3 .

3 Metodologia

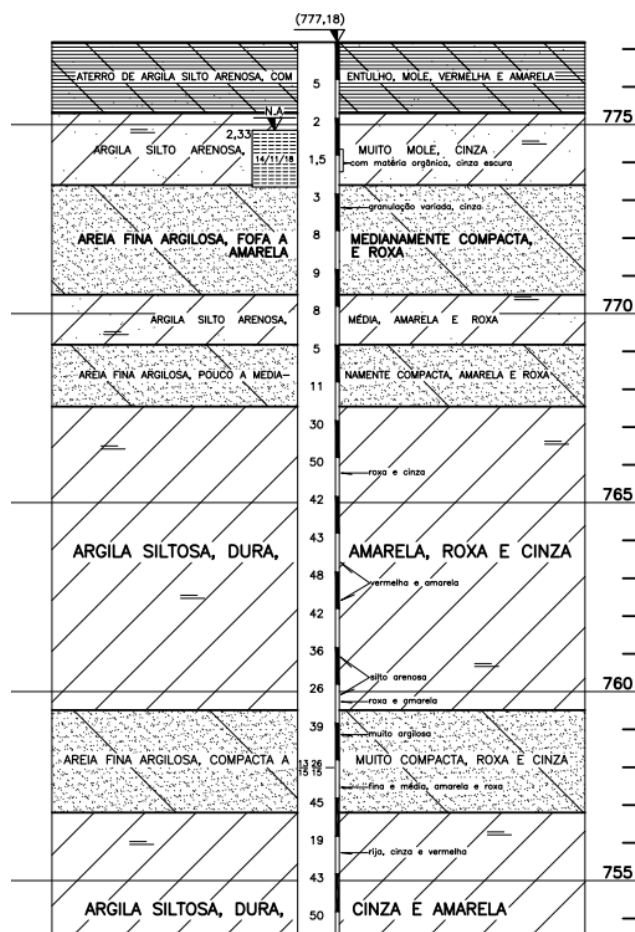
Como forma de obter amostras do concreto lançado num painel da parede diafragma, foi concebido e construído na própria obra, o “Coletor de Amostra de Concreto”. Essa ferramenta simples tinha o objetivo de fazer a coleta da amostra no interior das lamelas, junto ao trecho

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



superficial, tão logo o processo de concretagem do painel fosse concluído, com o extravasamento do concreto pela mureta guia.

Figura 1 – Perfil de sondagem representativa da região de coleta



Nas Fotos 1 a 4 são ilustrados o coletor construído, que era inserido verticalmente na massa de concreto com a tampa fechada até a cota da coleta; quando a mesma era levantada um pouco, abria o espaço que permitia a entrada do concreto no seu reservatório. Em seguida, o coletor era içado verticalmente, sem a possibilidade do concreto numa cota superior penetrar (nem misturar), pelo fato do mesmo já se encontrar preenchido.

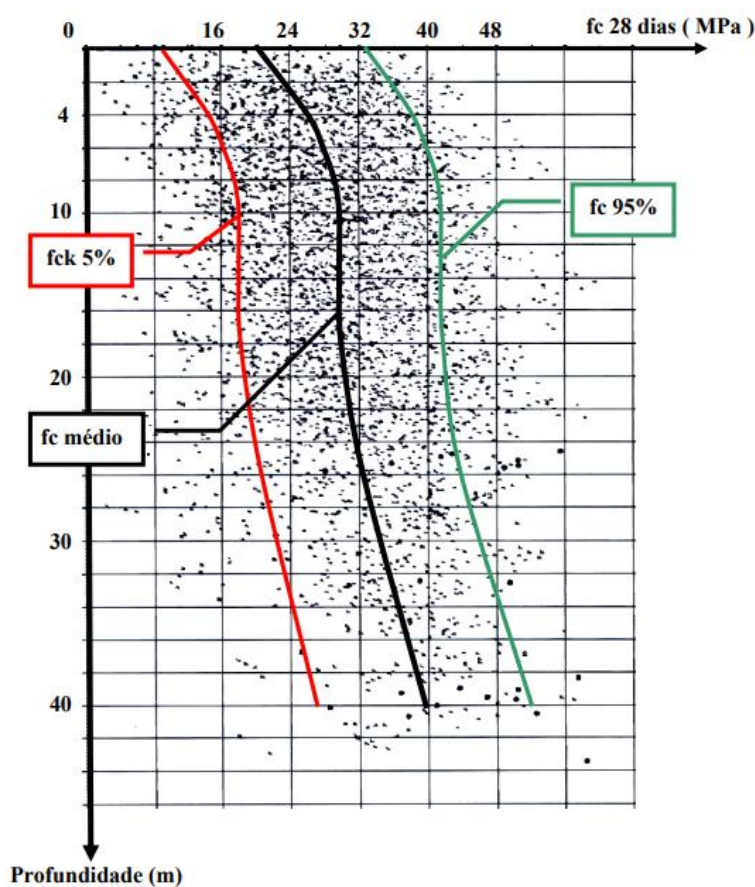
Foram coletadas amostras a 0,50m e a 1,0m da cota de topo das lamelas, pois a expectativa era que a parte superficial do concreto estivesse mais contaminado e, portanto, com resistências menores. Numa segunda fase, foram coletadas também a 0,20m e a 0,50m. Essas coletas foram feitas em 9 lamelas indicadas na Tabela 1, adiante. Um procedimento sempre seguido foi o de interromper a concretagem apenas quando o concreto extravasava da mureta guia.

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Esse cuidado tem sido adotado nas obras pela possibilidade da ocorrência de exudação em concretagens submersas, criando uma zona de fator água/cimento elevado e baixa resistência, como citado por Thomaz (2003), referenciando o trabalho de Joia (1981), conforme ilustração na Figura 2, onde 5.477 testemunhos extraídos de 116 estacas escavadas numa obra, apresentaram resistências no topo das estacas menores do que ao longo dos fustes. E que, segundo o mesmo autor, o mesmo ocorreria em paredes diafragma.

Figura 2. Variação das resistências ao longo da profundidade em concretagem submersa (Apud Thomaz, E.C.-2003, Fissuração: Casos Reais (IME))



Nesse sentido, no presente caso, a moldagem dos corpos de prova foram feitas com concreto submerso à pequena profundidade a partir da cota de topo. Uma amostragem bem pequena, porém com objetivo de propiciar subsídio às futuras pesquisas.

Finalmente, com objetivo ilustrativo de confrontar as resistências de corpos de prova extraídos da própria parede diafragma, foram retiradas amostras, na posição horizontal, a 20cm abaixo do topo das paredes diafragma, em 3 lamelas de números 30, 16 e 27, com idades variando de 55 a 100 dias. Nas fotos 5 e 6 são apresentadas as fotos dos corpos de prova extraídos, antes e após os ensaios de compressão à ruptura.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.





sefe 10

Fotos 1 e 2. Vista dos coletores executados na obra.



Fotos 3 e 4. Vista do coletor em uso e preenchido com concreto.



Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Realização:



Avenida Rebouças, 353, Sala 74 A
Cerqueira César, São Paulo/SP, 05401-900
Telefone: (11) 3052-1284
E-mail: abef@abef.org.br

Organização:



Avenida T-9, 2310 - Ed. Inove Intelligent Place
Sala B701, Jardim América, Goiânia/GO, 74255-220
E-mail: secretaria@qeeventos.com.br
Site: www.qeeventos.com.br

Fotos 5 e 6 – Vista dos corpos de prova extraídos antes e após o ensaio de ruptura



4 Resultados obtidos

Na Tabela 1, abaixo, apresentam-se os resultados obtidos neste ensaios, onde as resistências obtidas estão em função da espessura das paredes diafragma, consumo de cimento e dos corpos de prova moldados junto às betoneiras (indicando a sequência delas) e os moldados a partir da coleta no interior das lamelas.

Apresentam-se médias das resistências de corpos de prova moldados das betoneiras, destacando os moldados da 1ª BT (betoneira) e da última BT (betoneira) nas respectivas lamelas. O fato da escolha de destacar a 1ª BT e a última BT foi tentar verificar se havia diferença nos resultados dessas BTs em relação à média das BTs de uma determinada lamela em função da já mencionada possibilidade do concreto de possível origem destas BTs estarem mais contaminados e apresentarem resistências menores. Havia dúvidas se essas BTs poderiam trazer concreto mais à superfície, neste processo de concretagem submersa com uso de tubo tremonha (tremie).

Porém, com os “cortes” (retiradas de trechos) feitos na composição dos tubos tremie, ao longo da concretagem, verifica-se a dificuldade das hipóteses da origem de uma BT trazer um determinado volume de concreto mais à superfície, pois a cota da boca de saída do concreto se altera durante o processo destes “cortes”. Os resultados das Lamelas 18 (3 BTs utilizadas) e 29 (5 BTs utilizadas) onde se encontraram valores ligeiramente abaixo do especificado 30 MPa aos 28 dias, dá uma certa ideia de que as resistências da parte mais superficial condiz com resultados obtidos de corpos de prova moldados da última BT.

Os resultados obtidos indicam, de modo geral, que as resistências obtidas nos corpos de prova, moldados com concreto no interior das lamelas, atingiram valores semelhantes aos de corpos de prova moldados das betoneiras.

Merceu atenção, os valores abaixo dos especificados na Lamela 29, parede com espessura de 40 cm, onde se tem pilar bem carregada (688 tf).

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.



Tabela 1 – Resultados de ensaios de resistências de concreto das lamelas

Lamela	Espessura da Parede	Consumo de Cimento	Data da moldagem	Média das BTs (Mpa)		1ª BT (MPa)		Última BT (MPa)		Coletadas nas Lamelas (MPa)		
				7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	7 dias	28 dias	Prof. de Coleta (m)	7 dias	28 dias
L 51	30 cm	367 kg/m ³	28/05/2022	22,8	32,2	20,7	30,7	25	32,1	0,5 m		29,8
			28/05/2022							1,0 m		29,8
L 34	30 cm	367 kg/m ³	07/06/2022	29,5	36,2	32,7	34,2	28,6	34,5	0,5 m		35,2
			07/06/2022							1,0 m		33,0
L 18	30 cm	367 kg/m ³	18/06/2022	25,3	31,0	29,2	40,4	16,7	24,5	0,5 m		30,1
			18/06/2022							1,0 m		28,0
L39+L39A	40 cm	400 kg/m ³	22/06/2022	30,6	37,1	30,8	35,7	32,8	34,4	1,0 m		32,8
			22/06/2022							0,5 m		34,4
L 15	30 cm	367 kg/m ³	23/06/2022	27,1	34,9	37,4	34,2	26,7	35,5	1,0 m		34,9
			23/06/2022							0,5 m		35,6
L29	40 cm	400 kg/m ³	01/07/2022	27,6	39,8	25,2	36,7	19,7	28,3	1,0 m		26,1
			01/07/2022							0,5 m		25,8
L 25	30 cm	367 kg/m ³	07/07/2022	26,5	34,4	25,7	26,3	26,5	33,7	0,5 m	28,3	35,2
			07/07/2022							0,2 m	27,0	33,4
L 30	40 cm	400 kg/m ³	19/07/2022	25,4	34,0	19,5	31,6	27,8	34,8	0,5 m	27,0	33,6
			19/07/2022							0,2 m	24,4	32,8
L 43	30 cm	367 kg/m ³	23/07/2022	24,1	32,8	25,3	31,7	22,8	33,9	0,5 m	25,2	33,4
			23/07/2022							0,2 m	-	-

Na Tabela 2 são apresentados os valores de resistências características calculadas a partir dos dados limitados da Tabela 1 acima. Tomando-se como referência a resistência característica f_{ck} da média das betoneiras utilizadas nas lamelas, verifica-se que a resistência média f_{cm} foi 8% inferior e a resistência característica f_{ck} , 11% inferior nas amostras coletadas no interior das lamelas, ou seja da concretagem submersa. Nota-se que são valores similares comparados aos valores dos corpos de prova moldados da 1ª BT e da última BT.

Tabela 2 – Valores de resistências características

Resistências	Média BTs	1a BT	última BT	Lamelas
Média (MPa)	34,7	33,5	32,4	32,0
Desvio Padrão	2,7	4,0	3,7	3,2
Coefficiente de Variação (COV)	8%	12%	11%	10%
f_{ck} (MPa)	30,27	26,86	26,39	26,81
Diferenças f_{ck} (%)	1,00	0,89	0,87	0,89
Diferenças f_{cm} (%)	1,00	0,97	0,93	0,92

Na Tabela 3, apresentam-se os resultados obtidos dos corpos de prova extraídos da parede diafragma, a 20 cm do topo das mesmas, na posição horizontal, conforme NBR 05739-94, sendo as resistências corrigidas de acordo com a NBR 7680-1. Os resultados do corpo de prova da

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.



Lamela 27 A (CP3) devem ser analisados com certa restrição, pois observa-se nas Fotos 5 e 6 que o mesmo apresenta fissuras, além da relação altura/diâmetro ser só de 1,29 (quando o ideal é próxima de 2,0). De qualquer forma, esses ensaios foram realizados para efeito de comparação apenas das resistências à compressão destes corpos de prova extraídos com idades entre 55 a 100 dias.

Tabela 3 – Resultados obtidos de corpos de prova extraídos na horizontal a 20cm do topo das lamelas da parede diafragma – correção segundo NBR 7680-1.

Lamela	Espessura da parede	Consumo de cimento	Idade (dias)	Corpos de Prova			Resistência à compressão (MPa)	
				Diam (mm)	Altura (mm)	Relação (H/D)	Obtida ($f_{CI,EXT,INICIAL}$)	Corrigida ($f_{CI,EXT}$)
L 30	40 cm	400 kg/m ³	55	74,9	149,9	2,00	32,6	35,8
L 16	30 cm	367 kg/m ³	100	75,2	129,7	1,73	28,5	30,8
L 27 A	40 cm	400 kg/m ³	81	75,3	96,8	1,29	26,1	26,9

5 Conclusões

A pesquisa realizada, com uma pequena amostragem, bem restrita, teve o objetivo de dirimir algumas dúvidas sobre resistências de corpos de prova moldadas de uma concretagem submersa numa obras de parede diafragma. O objetivo da presente contribuição é divulgar fatos constatados numa obra real, ainda que num universo limitado.

De forma geral, as resistências obtidas de corpos de prova moldados a partir das amostras retiradas das betoneiras (prática usual) e dos corpos de prova moldados com concreto fresco coletados no interior das lamelas (concretagem submersa) apresentaram valores similares, como se observa na Tabela 1. O cálculo de f_{ck} , aos 28 dias, tomando como referência os valores das amostras das betoneiras ($f_{ck} = 30,27$ MPa), resultou uma pequena queda de 11% nas amostras coletas na concretagem submersa, enquanto o valores médio f_{cm} apresentou-se cerca de 8% inferior. A diferença nos consumos de cimento adotada na obra (400 kg/m³ e 367 kg/m³), aparentemente, não interferiu nos resultados das resistências.

Os resultados de corpos de prova extraídos com idades de 55 dias a 100 dias, também indicam resistências corrigidas acima de 30 MPa, consistentes com os demais valores acima. Apenas o corpo de prova extraído da Lamela 27 A está um pouco abaixo desse valor, porém verifica-se que houve um problema na extração, com testemunho que apresentou fissuras, além da relação altura/diâmetro muito abaixo de 2,0 – o que justificaria até descartar esse resultado.

Uma outra conclusão com os resultados obtidos com corpos de prova moldados com concreto fresco coletado do interior das lamelas da parede diafragma a profundidades de 20cm,

Aponte a câmera do seu smartphone para o QR Code ao lado e salve o evento na sua agenda.





50 cm e 1,0m, bem como os poucos corpos de prova extraídos, dão indicação de que o arrasamento a ser realizado nesses painéis (lamelas) poderá ser de um valor mínimo, principalmente com a execução de vigas de coroamento que distribuirão as solicitações. Essa conclusão permite uma boa economia de tempo e de custo, além do aspecto ambiental, ao diminuir consideravelmente o volume de concreto a demolir. Lembrar, no entanto, que durante a concretagem da lamela, respeitou-se o procedimento de se deixar extravasar o concreto de bom aspecto por cima das mureta guias, procurando garantir que eventuais volumes de concreto contaminado sejam eliminados do topo das paredes diafragma.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Nelson Aoki pela contribuição na análise do presente trabalho e ao Eng. José Luiz de Paula Eduardo pelos comentários recebidos. Ao Eng. Fagner Peixoto pelo imprescindível apoio na obra e à incorporadora Concord e construtora Tecnum pelos apoios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2019). NBR 6122. *Projeto e execução de fundações*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2022). NBR 6122. *Projeto e execução de fundações Emenda 1*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (1994). NBR 05739. *Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015). NBR 7680-1. *Concreto –Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte-1: Resistência à compressão axial*. Rio de Janeiro.
- Joia, Luiz A. (1981) – Dissertação de Mestrado – Modelo estatístico para cálculo do fator de segurança global de estaqueamentos - COPPE / UFRJ.
- Thomaz, E.C.. Fissuração: Casos reais – IME (2003). Acesso em 13/08/2023 ao site: http://aquarius.ime.eb.br/~webde2/prof/ethomaz/fissuracao/Coletanea_Fissuracao_Eduardo_Thomaz.pdf.

Aponte a câmera do seu
smartphone para o
QR Code ao lado e salve o
evento na sua agenda.

