SISTEMA PAREDE DE CONCRETO: PERDAS NA ETAPA DE CONCRETAGEM

ABREU, Marina Macedo (1); LORDSLEEM JR., Alberto Casado (2)

(1) Mestranda, Universidade de Pernambuco, mmarinaabreu@gmail.com; (2) Prof. Doutor, Universidade de Pernambuco, acasado@poli.br

Resumo: *O sistema parede de concreto vem tendo uso mais disseminado nos últimos 10 anos no Brasil como alternativa tecnológica voltada à industrialização da construção de edificações. O ciclo diário de produção no sistema é uma potencial premissa para a elevada produtividade, devendo também garantir o consumo adequado de concreto. Dentro deste contexto, o presente artigo apresenta pesquisa de estudo de caso relativa aos indicadores de perda de concreto na etapa da concretagem do sistema parede de concreto. A metodologia contemplou a coleta de dados na construção de um empreendimento com 10 torres residenciais de 320 apartamentos, através de 82 ciclos de concretagem e 415 caminhões betoneiras, perfazendo um total de 2.582,50 m³ de concreto. Os resultados obtidos demonstraram a perda mediana de concreto de 2,6%. Pôde-se verificar que os indicadores de perda foram influenciados principalmente pelo efeito aprendizado associado à qualificação da mão de obra.*

Palavras-chave: *Sistema parede de concreto, Concretagem, Perda.*

Área do Conhecimento: *Engenharias - Engenharia Civil - Construção Civil – Escola Politécnica da UPE*

1 INTRODUÇÃO

Os desafios impostos pela economia brasileira tem intensificado a crescente preocupação com o desperdício de recursos físicos. Sabe-se que para a redução dos desperdícios é preciso mensurar a eficiência do sistema construtivo e as suas falhas.

As empresas necessitam desenvolver e/ou implantar maneiras de controlar os materiais dentro do canteiro. Tal controle permite estabelecer índices e metas, para que as obras sejam avaliadas. A forma mais utilizada para controle do desperdício de recursos físicos é a avaliação percentual da perda.

Quando se trata de indicadores do serviço de concretagem convencional de estrutura, é comum encontrar em bibliografias o monitoramento separado de concretagem de pilares, vigas e lajes, como por exemplo os trabalhos Resende et al (1998), Baiotto et al. (1999), Al-Maghony (2006) e Pinho (2013).

Entretanto, são ainda restritas as bibliografias que tratam de indicadores de concretagem de paredes e lajes simultaneamente, o que acontece no sistema construtivo de paredes e lajes de concreto armado moldado in loco, conhecido como sistema construtivo parede de concreto (MELO, 2014).

Por outro lado, de acordo com a ABCP (2013), há registro de construtoras que utilizam o sistema construtivo paredes de concreto no Brasil há mais de 16 anos, sendo que 70% das construtoras que utilizam o sistema os fazem há menos de 5 anos. A ABCP (2013) acredita que a parede de concreto está gradativamente substituindo obras que antes eram executadas em alvenaria, mesmo não apresentando dados numéricos comprobatórios dessa crença.

O presente trabalho foi desenvolvido em tais circunstâncias, cujo objetivo é apresentar pesquisa de estudo de caso relativa aos indicadores de perda de concreto no serviço de concretagem no sistema construtivo de parede de concreto.

2 METODOLOGIA

A consecução desta pesquisa contemplou 04 etapas, descritas na sequência:

a) Etapa 1: Definição do método para coleta de dados. A Figura 1 representa o modelo da planilha da coleta de dados utilizada pela administração da obra: engenheira, estagiários e mestre de obra.

Figura 1 – Planilha de coleta de dados

Data	Carro	Vol.	Nota Fiscal	*Slump Test*	Saída Central	Chegada Obra	Início Disp.	Início Desc.	Término Desc.	Término Disp.	Peça	Ciclo	Equipe

Onde:
Data = Data da concretagem
Carro = Número sequencial do carro
Vol. = Volume do carro
Nota Fiscal = Número da nota fiscal do carro
Slump Test = Ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone
Saída Central = Horário da saída do caminhão da central
Chegada obra = Horário de chegada do caminhão na obra
Início Disp. = Horário da disponibilidade da equipe para o serviço
Início Desc. = Horário do início do descarrego do caminhão
Término Desc. = Horário de término do descarrego do caminhão
Término Disp. = Horário de término da disponibilidade da equipe
Peça - Local de aplicação do concreto
Ciclo - Número do ciclo que a concretagem corresponde
Equipe - Número de funcionários envolvidos na equipe

Fonte: Abreu (2016).

Os dados coletados na planilha da Figura 1 subsidiaram os cálculos dos indicadores de perda de concreto.

b) Etapa 2: Realização da coleta de dados em empreendimento da cidade de Jaboatão dos Guararapes/PE ao longo dos meses de agosto de 2015 a abril de 2016;

c) Etapa 3: Cálculo dos indicadores de perda. Obtido conforme a Equação 1:

$$P_{concreto\ (\%)} = \frac{(C_{real} - C_{teorico})}{C_{teórico}} \times 100 \quad (1)$$

Onde, $P_{concreto}$ = Perda de concreto (%);
C_{real} = Consumo real de concreto (m³);
$C_{teórico}$ = Consumo teórico (m³).

Considerou-se como consumo real de concreto (C_{real}) o volume total recebido diminuído do volume utilizado em outros serviços. O volume recebido foi contabilizado a partir das notas fiscais referentes a cada caminhão utilizado para o transporte de concreto usinado até a obra. O volume utilizado em outros serviços foram aqueles não utilizados na peça concretada, mas que foi utilizado em outros serviços na obra, por exemplo, ensaio determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (*slump test*), moldagem de corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão do concreto e fabricação de pré-moldados na obra. Existiram concretagens em que houve sobra de concreto não planejada, estas sobras foram descartadas e consideradas como perdas.

O consumo teórico foi calculado a partir das medidas dispostas no projeto estrutural. No caso do sistema construtivo parede de concreto, o volume teórico foi calculado a partir da área das paredes e lajes e as suas espessuras.

d) Etapa 4: Análise comparativa dos resultados com referências para o sistema parede de concreto. A qual é apresentada no item 4.1.2.

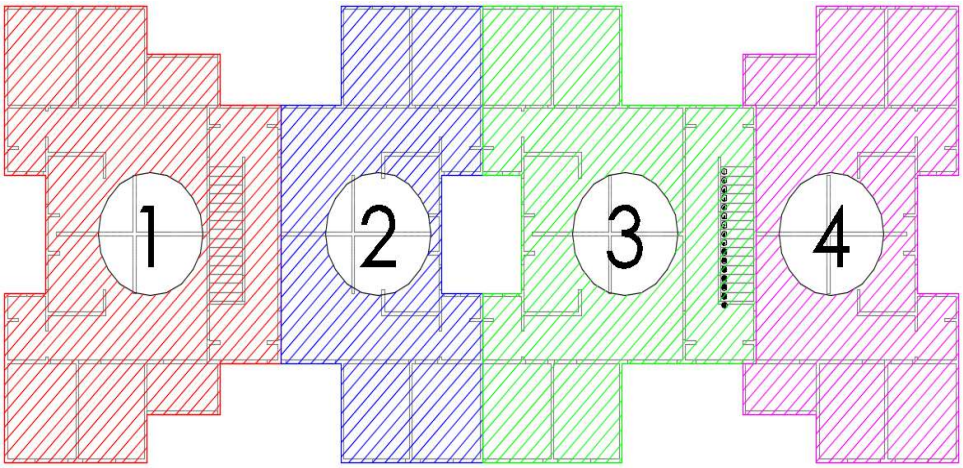
3 OBJETO DE PESQUISA

O objeto da pesquisa consistiu na construção de um empreendimento residencial do tipo condomínio com 10 torres e 320 apartamentos, com áreas de 47,69m² e 43,5m², sendo térreo mais três pavimentos. O sistema construtivo parede de concreto foi utilizado para a produção simultânea da estrutura e vedação, com revestimentos internos cerâmicos em todo piso e nas paredes molhadas e molháveis, as demais paredes foram revestidas com massa corrida PVA, e as fachadas com pintura acrílica. A obra iniciou em dezembro de 2014 com término em dezembro 2016.

A execução da estrutura iniciou no final do mês de julho de 2015 e, como de comum para este sistema, o primeiro mês de execução foi considerado de aprendizagem da equipe para então iniciar o ciclo diário de concretagem utilizando um jogo de fôrma.

Utilizou-se um jogo de fôrma de alumínio que compreende a área de dois apartamentos e o hall. Como o pavimento tem oito apartamentos e dois halls de acesso, foram realizados quatro ciclos de concretagem por pavimento. Os ciclos são diferentes em área de fôrma, armaduras e volume de concreto utilizado na concretagem: o primeiro ciclo compreende ao hall e dois apartamentos de 47,69m² cada (com varanda), o segundo ciclo compreende dois apartamentos de 43,5m² cada (sem varanda), o terceiro ciclo pode-se dizer que é o segundo ciclo acrescido do hall, e o quarto ciclo é o primeiro ciclo diminuído do hall (Figura 2).

Figura 2 – Representação dos ciclos de concretagem



Fonte: Abreu (2016).

A sequência de figuras a seguir representa as etapas do sistema na obra estudada, desde a fundação até ao serviço de concretagem da estrutura. A etapa 01 corresponde à execução da fundação em radier protendido, sendo a protensão realizada por empresa terceirizada. Após à protensão do radier é liberada a etapa seguinte, a marcação das paredes com o uso de gabaritos plásticos, os quais são aplicados no radier com pino de aço e garantem o alinhamento das fôrmas e seu espaçamento. Com as paredes marcadas, montam-se as armaduras (telas e reforços) e aplicam-se as instalações elétricas das paredes. Logo em seguida inicia-se a montagem das fôrmas de paredes e lajes, com as fôrmas das lajes montadas e escoradas montam-se as armaduras e aplicam-se instalações elétricas das lajes. Por fim é realizada a concretagem das paredes e lajes.

Figura 3 – Etapa 01: execução de fundação em radier protendido



Figura 4 – Etapa 02: marcação das paredes



Figura 5 – Etapa 03: montagem de armaduras e instalações elétricas



Figura 6 – Etapa 04: montagem das fôrmas



Figura 7 – Etapa 05: montagem de armaduras e instalações elétricas na laje



Figura 8 – Etapa 06: concretagem de paredes e lajes

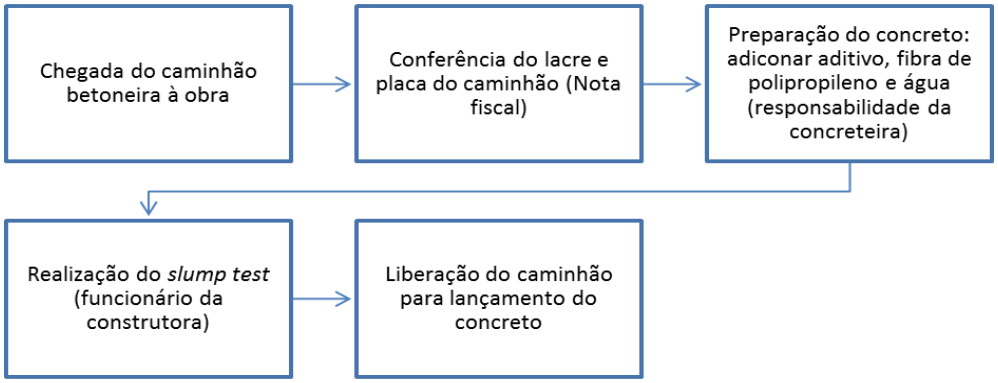


Fonte: Abreu (2016).

Na obra estudada as concretagens aconteceram majoritariamente no período da tarde. A concretagem foi realizada com concreto usinado e lançado com bomba lança. A usina contratada para o fornecimento do concreto fica localizada 5 km distantes da obra.

O concreto especificado pelo calculista utilizado na estrutura das torres foi convencional com resistência aos 28 dias de 25 MPa e resultado do ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (*slump test*) de 22±3 cm, aditivado com plastificante e fibra de polipropileno (0,6 kg/m³), ambos adicionados no caminhão betoneira em sua chegada à obra (Figura 9). Embora o concreto utilizado na obra não atendesse aos requisitos da NBR 15823 (ABNT, 2010) para ser classificado como auto-adensável, a obra seguiu orientações do consultor de tecnologia do concreto, por eles contratado, que dispensou o uso de vibrador à imersão tendo em vista a fluidez do concreto e seção de aço especificado pelo calculista.

Figura 9 – Ilustração do fluxograma do recebimento do concreto



Fonte: Abreu (2016).

A equipe responsável pelo serviço de concretagem das paredes e lajes foi composta por 2 pedreiros e 2 serventes. No serviço de concretagem na obra não se utiliza vibradores de imersão. Na obra, durante a concretagem 2 montadores da fôrma acompanhavam o serviço, para eventual necessidade relacionada a fôrma.

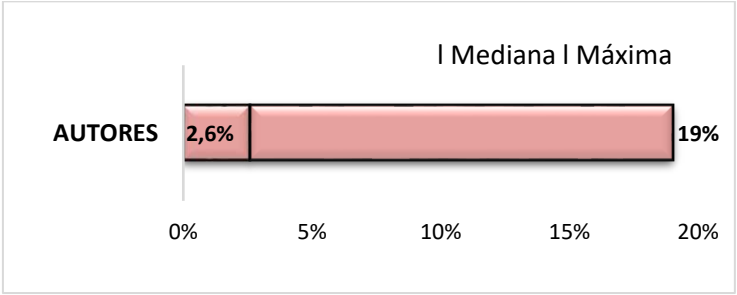
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE COMPARATIVA DOS RESULTADOS

A coleta de dados foi realizada para 82 ciclos concretagens de paredes e lajes, sendo um total de 415 caminhões de concretos utilizados e um volume total de 2.582,50 m³ de concreto.

4.1 Indicador de perdas

Com os dados coletados foram calculados 82 indicadores de perda de concreto no serviço de concretagem de paredes e lajes. Os resultados são apresentados na Figura 10.

Figura 10 – Indicadores de perda de concreto



Fonte: Abreu (2016).

Os resultados variaram de 0 a 19%, sendo que 75% dos resultados são inferiores a 7,5%. A mediana dos resultados foi de 2,6% e a média 4%. É importante informar o fato da obra não ter variado de concreteira no fornecimento do concreto usinado durante o período de coleta.

Pode-se afirmar que os 25% dos resultados acima de 7,5% foram ocasionados pela falta de planejamento para solicitação de concreto e qualificação da mão de obra, conforme será analisado no item 4.1.1.

No serviço de concretagem no sistema parede de concreto é possível que as perdas sejam 0%, desde que somados uma serie de fatores. Um dos fatores é a qualidade do sistema de fôrmas, que assegure estabilidade e deformação mínima durante o serviço de concretagem.

4.1.1 Fatores influenciadores

Na apresentação dos resultados por período de coleta é evidente a redução da perda de concreto após os meses de agosto e setembro de 2015, nos quais se obteve as maiores perdas de concreto como apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicadores de perda por período

Período de coleta	Nº de coletas	Perdas			
		Mínima	Média	Mediana	Máxima
ago/15	7	0,0%	7,0%	7,4%	19,0%
set/15	12	0,0%	5,0%	4,8%	15,0%
out/15	11	0,0%	2,0%	1,4%	8,0%
nov/15	9	1,0%	3,0%	2,6%	7,0%
dez/15	13	0,0%	3,0%	1,4%	9,0%
jan/16	4	0,0%	3,0%	2,2%	7,0%
fev/16	9	0,0%	3,0%	2,6%	9,0%
mar/16	10	0,0%	3,0%	2,6%	11,0%
abr/16	7	0,0%	2,0%	1,2%	7,0%

Fonte: Abreu (2016).

É possível afirmar que a elevada perda evidenciada nos primeiros meses de coleta coincide com o período de início do serviço na obra, tendo em vista que as concretagens iniciaram no final de julho. Estando as perdas associadas ao efeito aprendizado para qualificação da mão de obra.

Com o passar do tempo, a equipe responsável pela execução adquiriu experiência e diminuiu as perdas de concreto. Já a administração da obra responsável pela solicitação do concreto, com base nas concretagens anteriores, modificou o volume solicitado para concreteira. Sendo assim as perdas de concreto reduziram a partir do mês de setembro, com mediana de 2%.

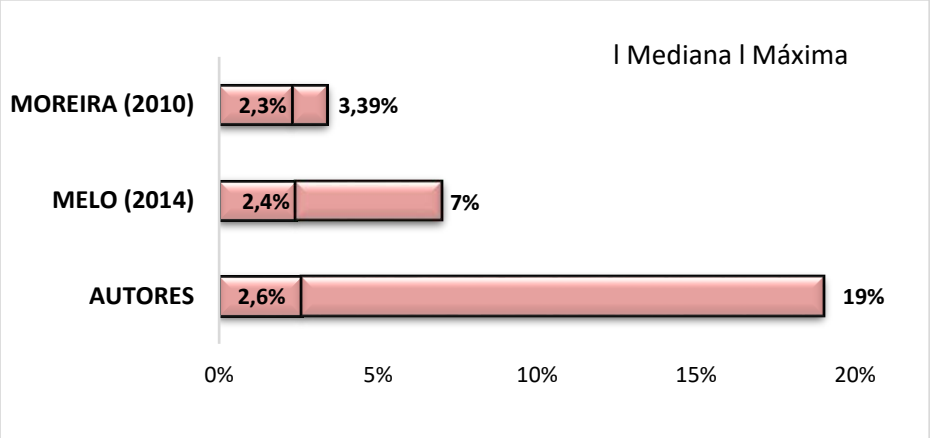
4.1.2 Análise comparativa dos resultados com estudos referência para o sistema parede de concreto

A análise comparativa se faz com os trabalhos de Moreira (2010) e Melo (2014), conforme ilustra a Figura 11.

O trabalho de Moreira (2010) foi realizado na Costa Rica na construção de um condomínio com 206 apartamentos divididos em duas torres. As torres ambas com 16 pavimentos contemplam apartamentos de diferentes modulações com um, dois ou três quartos além de quatro apartamentos duplex nos últimos pavimentos. Na obra foi utilizado o sistema parede de concreto com fôrmas de alumínio. No serviço de concretagem foi utilizado o concreto com resistência de 31,5 MPa aos 28 dias lançado por bomba estacionaria, adensado por vibrador de imersão e a equipe responsável pelo serviço de concretagem eram 10 funcionários.

O trabalho de Melo (2014) foi realizado em Salvador/BA. Foram coletados dados em duas obras distintas, a primeira uma obra de padrão econômico com duas torres sendo uma com 14 pavimentos e a outra com 15 pavimentos. A primeira obra utilizou o sistema de parede de concreto com fôrmas de alumínio, no serviço de concretagem o concreto utilizado foi com resistência de 35 MPa aos 28 dias lançado por bomba lança e a equipe responsável pelo serviço era composta por 6 pedreiros e 7 serventes. Nesta obra foram coletados dados de 24 ciclos de concretagem; a segunda obra era do programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal, com 90 blocos de 5 pavimentos cada. A obra também utilizou o sistema de parede de concreto com fôrmas de alumínio, no serviço de concretagem o concreto utilizado foi com resistência de 20 MPa aos 28 dias lançado por bomba lança e a equipe responsável pelo serviço era composta por 4 pedreiros e 3 serventes. Nesta foram coletados dados de 30 ciclos de concretagens.

Figura 11 – Gráfico comparativo do percentual de perda de concreto



Fonte: Abreu (2016).

Os valores da perda mediana dos trabalhos considerados, representado na Figura 11 pelo traço na barra, estão muito próximos. A mediana de perda deste trabalho foi de 2,6%, já no trabalho de Moreira (2010) a mediana foi de 2,3% e no trabalho de Melo (2014) a mediana foi de 2,4%. Porém os valores máximos de perda obtido neste trabalho são superiores as perdas máximas apresentadas nos trabalhos considerados, o que ressalta quão desconforme foram os resultados máximos desta pesquisa.

É possível afirmar que uma parte significativa da perda de concreto poderia ser reduzida através das seguintes ações: planejamento para solicitação de concreto de acordo com projeto e experiência da última concretagem; controle quantitativo durante o recebimento, prever o uso do concreto restante na tubulação da bomba; controle geométrico dos elementos estruturais antes e durante a concretagem; e manutenção do jogo de fôrmas (uso de desmoldante e limpeza), visando manter sua qualidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O indicador de perda de concreto no serviço de concretagem de estrutura teve uma elevada dispersão, variando de 0% até 19%, tendo uma média de 4%. A comparação dos resultados obtidos no estudo de caso com as bibliografias de referência permite afirmar que, as perdas medianas são próximas, apesar da perda máxima deste trabalho ser muito elevada.

O concreto é um insumo relevante no sistema, tendo em vista o consumo total no empreendimento e o preço unitário. A pesquisa coletou dados de 82 ciclos de concretagem, dos 160 realizados no empreendimento, cujo desperdício de concreto representou cerca de R$ 30.954,00. Considerando, o potencial desperdício total da obra com a perda de concreto, estima-se um valor superior a R$ 50 mil.

Por fim, fica constatada a importância do controle do desperdício do concreto no sistema parede de concreto, cujo monitoramento sistemático pode contribuir para evitar as perdas. As principais contribuições deste trabalho consistem no estabelecimento de metodologia para a coleta de dados, na obtenção de indicadores e na identificação dos fatores influenciadores das perdas.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15823.** Concreto auto-adensável Parte 1: Classificação, controle e aceitação no estado fresco. ABNT: Rio de Janeiro, 2010.

ABREU, M. M**. Indicadores de perda de concreto e produtividade da mão de obra da concretagem no sistema parede de concreto.** Monografia (MBA) Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

AL-MAGHONY, S. S. **Managing and Minimizing Construction Waste in Gaza Strip.** Palestina, 206. 224p. A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in Construction Management, The Islamic University of Gaza – Palestine.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLLAND – ABCP. **Parede de Concreto** – Coletânea de ativos 2011/2013.

BAIOTTO, A. C. et al. Execução de estruturas de concreto: estudo do desperdício. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO DA QUALIDADE E ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO,1, 1999, Recife. **Anais ...** Recife: GEQUACIL/UPE, 1999.

MELO, R. R. S. **Indicadores de produtividade para estrutura convencional e paredes de concreto: valores de referência e relação com planejamento de obras.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

MOREIRA, J. P. M. **Cuantificación del rendimento y productividad en elementos estructurales de concreto reforzado em edifícios modulare em altura.** Monografia (Conclusão de curo), Engenharia Civil – Escuela de ingeniería en construcción, Costa Rica, 2010.

PINHO, S. A. C. **Desenvolvimento de programa de indicadores de desempenho para tecnologias construtivas à base de cimento: perdas, consumo e produtividade.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Universidade de Pernambuco, Recife, 2013.

RESENDE, M. F. et al. Alternativas para redução de desperdícios de materiais na execução da estrutura de concreto armado. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1. São Paulo. **Anais eletrônicos ...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998.