

ALTERNATIVAS PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATERIAIS E MÃO-DE-OBRA NO SERVIÇO DE CONCRETAGEM

FREIRE, Tomás Mesquita (1); SOUZA, Ubiraci E. L. (2)

(1) Eng. Civil, mestrando em engenharia civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. E-mail: tfreire@pcc.usp.br. Telefone: (11) 818-5438

(2) Eng. Civil, Professor Doutor do Departamento de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Av. Professor Almeida Prado, travessa 2, nº 271, CEP: 05.505-900, São Paulo-SP-Brasil. E-mail: ubisouza@pcc.usp.br. Telefone: (11) 818-5428

RESUMO

Com base em extensos levantamentos de campo, que permitiram o conhecimento do consumo de concreto usinado e da produtividade da mão-de-obra no serviço de concretagem de estruturas de edifícios, e no conhecimento das causas que fazem o consumo e a produtividade variarem, propõe-se uma série de alternativas que possibilitem uma melhor utilização destes recursos físicos. Estas alternativas têm o objetivo de auxiliar as tomadas de decisão em busca da minimização dos sobreconsumos detectados durante o levantamento de campo.

ABSTRACT

Based on an extensive construction site data collection, that allowed the understanding of ready-mixed concrete waste and labor productivity in buildings structures concrete placement, added to the knowledge about the reasons inducing processes variability, this paper presents some alternatives to improve the resources use. These alternatives intend to help managing actions to reduce waste detected in these studies.

1. INTRODUÇÃO

Existe no país grande tradição no emprego do concreto armado para execução de estruturas, desde as edificações mais simples, do tipo habitacional, até as mais complexas obras; todas são usualmente estruturadas com este material.

Estudos (SOUZA, 1996; FAJERSZTAJN, 1987) indicam que a superestrutura representa algo em torno de 20% do custo da construção de edifícios habitacionais ou comerciais, ocupando o primeiro lugar na curva ABC de serviços.

Extensos levantamentos de campo (AGOPYAN et al., 1998; SOUZA et al., 1998) permitiram o conhecimento do consumo de concreto usinado e da produtividade da mão-de-obra no serviço de concretagem.

Nestas pesquisas foi possível observar que há uma grande variação nos índices de perdas de material, que oscilam entre 2 e 23%, com mediana de 9%. Fato análogo se detecta quanto à produtividade da mão-de-obra, variando de 1,38 a 15,0 Hh/m³, com mediana de 3,04 Hh/m³.

Esta discrepância nos resultados demonstra o grande potencial de racionalização existente no serviço de concretagem, no qual obras semelhantes podem ter melhor ou pior aproveitamento no uso dos recursos físicos dependendo dos cuidados e critérios de execução adotados.

Desta forma, visando contribuir para a redução das perdas nos serviços de concretagem, o presente artigo discute a proposição de uma série de alternativas visando a minimização dos sobreconsumos detectados, discutindo as suas influências sobre a produtividade de materiais e mão-de-obra.

2. O PROCESSO DE CONCRETAGEM DE ESTRUTURAS E O CONSUMO DE MATERIAIS E MÃO-DE-OBRA

O serviço de concretagem consiste em receber ou produzir o concreto, transportá-lo até o local de aplicação, lançá-lo nas fôrmas, espalhá-lo, adensá-lo, nivelá-lo e dar-lhe o acabamento superficial desejado.

O concreto utilizado pode ser produzido na obra ou comprado de alguma central de produção. O seu transporte para o pavimento a ser concretado poderá ser realizado por elevadores de obras e jericas, guias com caçambas ou bombeamento.

Depois de lançado na fôrma, o concreto é espalhado e adensado, sendo esta última operação realizada por meio de vibrador de agulha ou régua vibratória. Caso seja usado o vibrador de agulha, depois de adensado, é necessário nivelar o concreto, o que é feito por meio de sarrafos apoiados em mestras, de modo a se obter a espessura da laje especificada em projeto.

2.1 Entendendo as perdas de concreto usinado

Segundo SOUZA et al. (1999), a observação da utilização do concreto usinado no canteiro de obras, permite detectar possíveis fontes de perdas de concreto usinado (Figura 2), entendendo-se por perdas todo o consumo de material além daquele teoricamente necessário.

A partir desta análise, pode-se verificar que são muitas as origens do desperdício, sendo de grande importância a análise criteriosa de todo o processo, de modo a se obter subsídios para propor a sua redução.

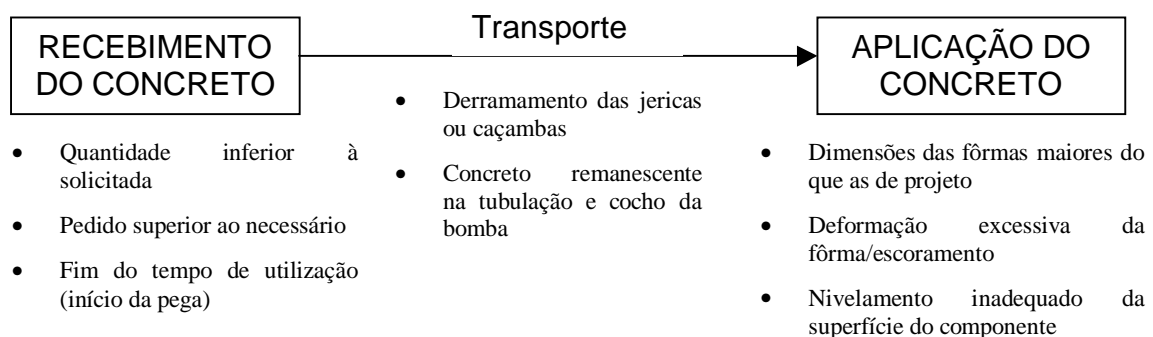


Figura 2 – Possíveis fontes de perdas de materiais em cada etapa do processo de concretagem (SOUZA et al., 1999).

2.2 Entendendo a produtividade da mão-de-obra no serviço de concretagem

Partindo-se do princípio de que a produtividade é a relação entre entradas e saídas de um dado processo, e que, neste caso, se caracterizam como sendo a mão-de-obra utilizada e o volume de concreto aplicado, tem-se que:

$$\text{PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA NA CONCRETAGEM} = \frac{\text{Homens hora gastos (Hh)}}{\text{Volume concretado (m}^3\text{)}}$$

Analisando-se o fluxograma de operações ilustrado na Figura 3, tem-se condições de se distinguir as causas mais comuns da má produtividade da mão-de-obra de acordo com as etapas do processo.

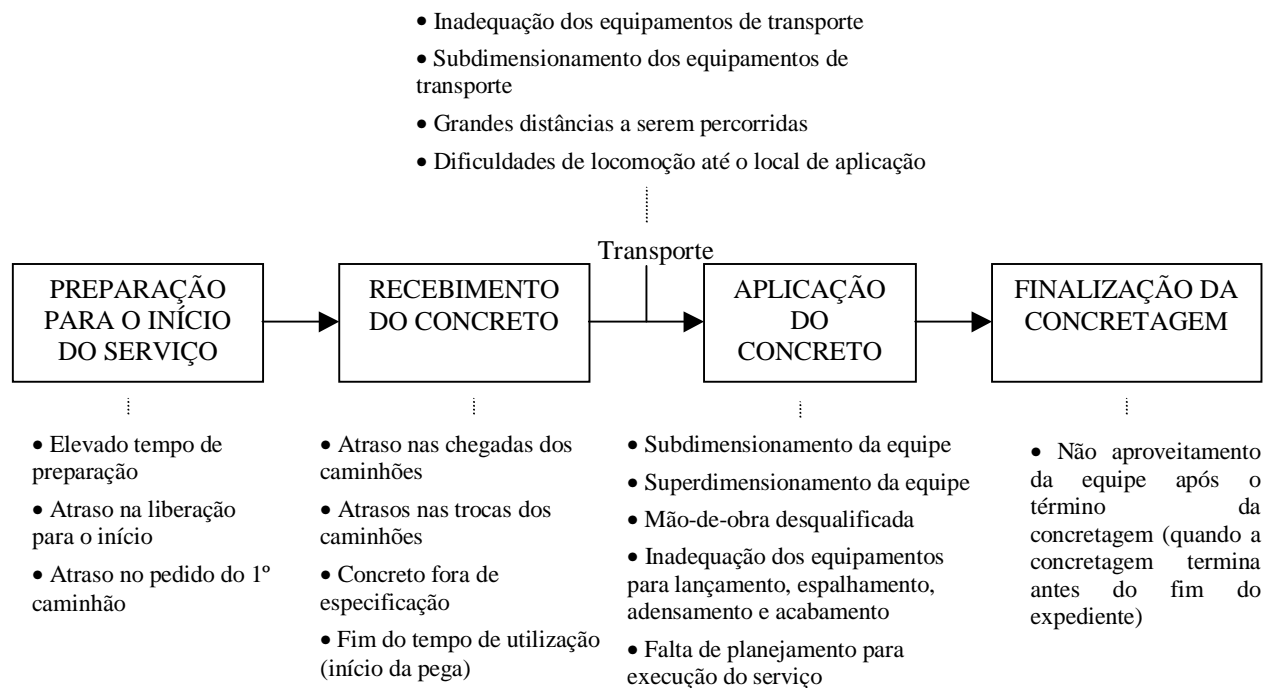


Figura 3 – Possíveis fontes de perdas de mão-de-obra a partir do fluxograma das operações para concretagem.

3. VALORES DA PRODUTIVIDADE NA EXECUÇÃO DA CONCRETAGEM DE ESTRUTURAS

AGOPYAN et al. (1998) após analisarem o serviço de concretagem em 35 canteiros de obras chegaram a valores entre 2 e 23% para as perdas globais de concreto usinado, com a mediana em 9%. Na busca de um maior entendimento da origem das perdas, SOUZA et al. (1999), buscaram distribuir a mediana da perda global de 9% em perdas parciais, caracterizando uma obra “fictícia” que traduzisse do que ocorre quando se afere as perdas de concreto usinado na execução de estruturas de concreto armado, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição da perda global segundo as suas origens (SOUZA et al., 1999).

Perda Global	Perdas Parciais					
	Recebimento	Transporte	Lajes	Vigas	Sobra final	Outros
9,0%	1,5%	1,0%	3,0%	1,5%	1,0%	1,0%

Aprofundando a análise, AGOPYAN et al. (1998), tentaram estimar a influência das falhas quanto à obediência da geometria prevista em projeto para vigas e lajes, que aparecem como grande explicador de perdas na maioria dos casos. Às obras em que se mediu menores erros quanto à sobresspessura das lajes ($e < 5\%$) associa-se uma mediana das perdas significativamente menor que às obras onde tal erro foi superior ($e \geq 5\%$). Fato análogo, embora não tão acentuado, detectou-se quanto à sobrelargura das vigas, conforme verifica-se nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Comparação entre estatísticas: sobresspessura das lajes (AGOPYAN et al., 1998).

Sobresspessura das Lajes	Mediana das Perdas	Perda Mínima	Perda Máxima
$e < 5\%$	6%	2%	23%
$e \geq 5\%$	11%	4%	23%

Tabela 3 – Comparação entre estatísticas: sobresspessura das vigas (AGOPYAN et al., 1998).

Sobresspessura das Vigas	Mediana das Perdas	Perda Mínima	Perda Máxima
$e < 2,5\%$	7%	2%	23%
$e \geq 2,5\%$	10%	3%	22%

Embora tenha-se detectado, em alguns poucos casos, uma diferença não desprezível entre a quantidade recebida e a constante na nota fiscal, como regra geral para o conjunto de obras estudadas, estes mesmos autores não acreditam que existe uma perda relevante no recebimento do concreto.

As sobras ao final da concretagem, em alguns casos, foram significativos, havendo obra onde representaram 10% do volume total de concreto.

Na análise da produtividade da mão de obra ARAÚJO (1999) buscou um comparativo entre as formas mais usuais de concretagem e os locais concretados. As tabelas 4 e 5 analisam os dados obtidos.

Tabela 4 – Comparativo das produtividades da mão-de-obra segundo os equipamentos de transporte de concreto (ARAÚJO, 1999)

	Equipamentos de transporte do concreto		
	Bomba	Grua	Elevador + Jerica
Produtividade Pior	7,08 Hh/m ³	15,00 Hh/m ³	8,51 Hh/m ³
Produtividade Melhor	1,38 Hh/m ³	1,50 Hh/m ³	1,75 Hh/m ³

Produtividade Mediana	3,10 Hh/m ³	2,56 Hh/m ³	3,30 Hh/m ³
Produtividade Média	3,29 Hh/m ³	3,12 Hh/m ³	3,41 Hh/m ³
Número de Amostras	46	21	27

Tabela 5 – Comparativo das produtividades da mão-de-obra segundo os locais concretados (ARAÚJO, 1998)

	Locais Concretados	
	Pilares	Vigas + Lajes
Produtividade Pior	15,00 Hh/m ³	5,58 Hh/m ³
Produtividade Melhor	1,38 Hh/m ³	1,89 Hh/m ³
Produtividade Mediana	3,27 Hh/m ³	2,98 Hh/m ³
Produtividade Média	3,60 Hh/m ³	3,08 Hh/m ³
Número de Amostras	41	53

Estes resultados mostram que não há muita diferença entre as medianas das produtividades da mão-de-obra, quando se compara os diversos equipamentos de transporte ou os diferentes locais de concretagem. Porém, para um mesmo tipo de concretagem, isto é, ainda que usando o mesmo tipo de equipamento de transporte para a concretagem de um mesmo tipo de peça, as discrepâncias foram grandes, demonstrando que, muito mais importante do que a forma ou o local de concretagem, os elementos listados na Figura 3 regem a melhor ou pior utilização dos recursos.

4. ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE MATERIAIS E MÃO-DE-OBRA NO SERVIÇO DE CONCRETAGEM

A partir do entendimento dos fatores que afetam a produtividade de materiais e mão-de-obra, buscar-se-á gerar um banco de alternativas, de ordem tecnológica e de gestão, que possa instrumentalizar as tomadas de decisão, buscando-se assim um melhor aproveitamento dos recursos aplicados e fornecendo subsídios que possibilitem a melhoria contínua da produção.

As Tabelas 6 e 7 propõem algumas alternativas preliminares na busca de uma melhoria na utilização dos recursos, analisando as suas influências sobre o consumo de concreto usinado e sobre a produtividade da mão-de-obra.

Tabela 6 – Algumas alternativas para redução das perdas de concreto usinado no serviço de concretagem de estruturas

ETAPA DO PROCESSO	ALTERNATIVA	INFLUÊNCIA SOBRE O CONSUMO DE CONCRETO
Compra	Comprar o concreto a partir do projeto estrutural	Acertos entre a construtora e a concreteira para que o concreto seja fornecido a partir do projeto, inibirão possíveis problemas com relação às quantidades entregues
Compra	Discutir com a concreteira o fornecimento em múltiplos de 0,5 ou 0,25m ³	Em concretagens pequenas, a sobra do último caminhão pode representar uma perda significativa
Recebimento	Adequar o recebimento à velocidade de concretagem	Com isto, evita-se que uma caminhão espere demasiadamente para ser descarregado e inicie a pega do concreto, perdendo todo o material.
	Reavaliar com antecedência a quantidade que falta para pedir	Evita-se pedir concreto além do necessário
	Checar a quantidade entregue de concreto	Controlando o volume recebido a partir da pesagem dos caminhões, da contagem das jericas ou das caçambas, serão detectadas as diferenças entre as quantidades pagas e recebidas
	Utilização de balança paga pelo sindicato representante dos construtores para pesagem dos caminhões	É uma forma bastante precisa para determinar o volume real contido em cada caminhão
Transporte	Utilizar equipamentos de transporte em bom estado e respeitar os seus volumes máximos de utilização	Para as jericas ou caçambas, evita-se que transbordem ou vazem. E para as bombas, evita-se que a sua quebra provoque a perda do concreto da tubulação e cocho.
Concretagem	Utilizar mestras confiáveis que garantam as espessuras de projeto	Ajuda a evitar sobressessuras nas lajes
	Utilizar o concreto remanescente na bomba e tubulação	Planejar a utilização deste concreto evita que o mesmo seja jogado fora ou usado para fins não estruturais
	Nivelar a superfície da fôrma antes e durante a concretagem	O nivelamento preciso da parte inferior da laje ajudará a evitar a sua sobressessura
	Garantir os escoramentos e travamentos	Asseguram as dimensões de projeto, evitando deformações e sobressessuras em lajes, vigas e pilares
	Evitar concentração de armaduras e outros embutidos que induzem à sobressessura	A compatibilização prévia dos projetos estruturais e de instalações permitirá que se obedeça às espessuras estabelecidas
	Garantir o desempenho das fôrmas e escoramentos	A utilização de compensados e escoramentos de qualidade e em bom estado de conservação permitirá um maior controle geométrico, evitando deformações excessivas
Concretagem	Utilização de equipamentos precisos para nivelamento superficial do concreto	Equipamentos como o nível laser ou alémo proporcionam maior rigor na espessura da laje, evitando as perdas
	Qualificação da mão-de-obra	Fundamental para viabilizar as alternativas para redução de perdas

Tabela 7 – Algumas alternativas para o aumento da produtividade da mão-de-obra no serviço de concretagem de estruturas

ETAPA DO PROCESSO	ALTERNATIVA	INFLUÊNCIA SOBRE O CONSUMO DE MÃO-DE-OBRA
Compra	Estipular em contrato multas por atraso na chegada dos caminhões	Combatendo os atrasos dos caminhões, parte significativa da improdutividade estaria eliminada
Preparação para a concretagem	Planejar a execução do serviço - vias de acesso, plano de concretagem, equipamentos, etc.	Estas medidas evitariam “congestionamentos”, falta de equipamentos, aglomerações e problemas de locomoção, que induzem à queda da produtividade
	Deixar o local a ser concretado pronto na véspera e obedecer o horário de início	Fará com que o início da concretagem obedeça ao horário programado, evitando que os operários fiquem ociosos enquanto são feitos os últimos ajustes
Recebimento	Estipular multas contratuais para concreto fora de especificação	A rejeição de caminhões de concreto com o slump ou fck inadequados inviabilizam a sequência correta da concretagem acarretando queda da produtividade
	Maior agilidade nas trocas de caminhões e verificação do slump antes do término da descarga do caminhão antecessor	A minimização dos tempos de aferição do slump e das manobras entre os caminhões que saem e os que chegam podem reduzir significativamente a ociosidade da mão-de-obra
Transporte	Adequação e correto dimensionamento do sistema de transporte	O ajuste do sistema de transporte às particularidades da obra e da concretagem em si, proporcionará uma melhor utilização da equipe e maior agilidade nas operações
	Redução das distâncias a serem percorridas	Embora não seja aplicável ao bombeamento, quando se reduz os deslocamentos, reduzem-se a mão-de-obra necessária e os tempos de transporte
	Desobstrução das vias de transporte	A facilidade no deslocamento, eliminando curvas, obstáculos e desníveis, repercutirá diretamente na maior velocidade de transporte
Aplicação	Adequado dimensionamento das equipes de concretagem de acordo com as características e dificuldades do serviço	O subdimensionamento da equipe sobrecarrega os operários e impede que o serviço tenha o adequado rendimento. Já o superdimensionamento, provoca congestionamentos e aglomerações, dificultando a execução do serviço e permitindo a ociosidade
Aplicação	Utilização de mão-de-obra qualificada	Fundamental para viabilizar as alternativas para redução de perdas
	Adequação e correto dimensionamento dos equipamentos para lançamento, espalhamento, adensamento e acabamento do concreto	Bicas, pás, enxadas, vibradores e equipamentos para acabamento superficial devem ser compatíveis com a velocidade e o tipo do serviço de modo a não atrapalhar os outros serviços da sequência
Finalização	Programar a concretagem de modo a ter um melhor aproveitamento da equipe	Nos casos em que a concretagem termina antes do final do expediente e os operários são liberados do serviço, as horas em que não trabalharam são consideradas improdutivas

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do presente trabalho, foram levantadas algumas fontes de perdas e baixa produtividade no serviço de concretagem de estruturas, bem como algumas alternativas que favoreçam à melhor utilização dos recursos alocados neste serviço.

As perdas de materiais têm boa parte da sua origem nas sobressessuras dos elementos estruturais; porém, problemas no recebimento, no transporte do concreto e as sobras ao final dos serviços, também merecem atenção e controle.

No que diz respeito à produtividade da mão-de-obra, verificou-se que o local a ser concretado (pilares ou lajes/vigas), e a forma de transporte do concreto (bomba, grua ou elevador/jericas), pouco representam diante de aspectos como a forma como a concretagem é conduzida, a interface com fornecedores de concreto, o planejamento para execução do serviço e o correto dimensionamento da equipe e dos diversos equipamentos.

Este artigo, entre outras coisas, visa mostrar que a análise dos desempenhos, juntamente com o entendimento dos fatores que fazem a produtividade do material e da mão-de-obra variarem, permitem que sejam levantados os principais pontos a serem geridos no planejamento, na preparação e na execução do serviço de modo a maximizar o rendimento dos recursos aplicados.

Registra-se o agradecimento ao CNPq pelo apoio à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGOPYAN, V.; SOUZA, U. E. L. de; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras.** FINEP; ITQC; PCC USP. São Paulo, 1998
- ARAÚJO, L.O.C. **Metodologia para o Estudo da Produtividade nos Serviços de Alvenaria, Fôrmas, Armação e Concretagem.** Relatório científico. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- FAJERSZTAJN, H. **Fôrmas para concreto armado:** aplicação para o caso do edifício. São Paulo, 1987. 247p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
- McKINSEY GLOBAL INSTITUTE. **Produtividade:** a chave do desenvolvimento acelerado no Brasil, Mckinsey Brasil, São Paulo, Washington, 1998
- SOUZA, U. E. L. de. **Metodologia para o estudo da produtividade da mão-de-obra no serviço de fôrmas para estruturas de concreto armado.** São Paulo, 1996. 280p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo
- SOUZA, U. E. L. de; AGOPYAN, V.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. **Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras.** SENAI; ITQC; PCC USP. São Paulo. 1998
- SOUZA, U.E.L.; AGOPYAN, V.; PALIARI, J.C. **Evaluating material waste in placing concrete.** In: CIB W55 & W65 Joint Triennial Symposium. Cape Town – South Africa. 1999
- SOUZA, U.E.L. et al. **Estudo da Gestão do Consumo de Materiais na Construção de Edifícios.** SENAI. São Paulo. 1999