



## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA PARA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO: ÊNFASE NOS FATORES INFLUENCIADORES<sup>1</sup>

MELO, Roseneia R.S. (1); COSTA, Dayana B. (2)

(1) UFBA, e-mail: roseneia.engcivil@gmail.com; (2) UFBA, e-mail: dayanabcosta@ufba.br;

## RESUMO

A construção civil ainda encontra barreiras quanto à medição da produtividade e a inserção desses indicadores nos processos gerenciais. O artigo tem como objetivo apresentar os resultados da medição de produtividade da mão de obra para os processos de forma, armação e concretagem, destacando os principais fatores que influenciaram estes resultados. Esta medição foi realizada a partir de uma metodologia padronizada desenvolvida pelo Projeto de Indicadores de Produtividade da Comunidade da Construção, envolvendo um grupo de 9 obras em Salvador no período de 2011 a 2014, e os resultados obtidos foram compartilhados com as empresas participantes desta iniciativa por meio de Clubes de Benchmarking. As etapas do estudo envolveram (a) desenvolvimento do sistema de indicadores; (b) ciclos de implantação dos indicadores; (c) formação do banco de dados e análise comparativa dos dados. A análise dos dados baseou-se no cálculo da RUP (Razão Unitária de Produção) Cumulativa e Potencial e no estudo comparativo entre as obras, no qual, optou-se pela análise do melhor e pior desempenho por processo, levantando os principais fatores que impactaram nos resultados. As principais contribuições são a apresentação dos principais fatores que influenciaram a produtividade, assim como a criação de base de dados com valores de referência.

**Palavras-chave:** Indicadores de desempenho, Benchmarking, Produtividade.

## ABSTRACT

*Labor productivity measurement and its insertion in project management system is a constant and current concern in the construction industry. This paper aims to present the results obtained through implementation of labor productivity indicators to the process of foamwork, rebar and pouring concrete, with a brief discussion of the main factors that influenced these results. This measurement process was developed using a standardized methodology by the Productivity Indicators Project Community Building and through sharing of results involving 9 construction project in Salvador in the period 2011-2014, in which the results were shared with the companies participating in this initiative through Benchmarking Clubs. The main stages of this study involved the (a) development of the productivity measures, (b) implementation cycles of the productivity measures, (c) the creation of database and data comparison. The data analysis was based on the calculation of the RUP (Unit Ratio Production) Cumulative and Potential. In addition, was realized the comparative between the best and worst project productivity performance, highlighting the main factors which influence these results. The main contributions of this study are the presentation of the*

---

<sup>1</sup> MELO, Roseneia. R.S; COSTA, Dayana. B. Produtividade da mão de obra para estrutura de concreto armado: ênfase nos fatores influenciadores. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

*main factors that influence the productivity in the processes studied, as well as, the development of data bases with references values.*

**Keywords:** Performance indicators, Benchmarking, Productivity.

## 1 INTRODUÇÃO

Entre os desafios enfrentados pela indústria da construção, a baixa produtividade do trabalho é alvo de preocupação permanente (MAWDESLEY; AL-JIBOURI, 2010; YEUNG et al., 2013). Todavia, a produtividade apresenta-se como um dos principais elementos utilizados para medir os resultados e a eficiência da produção, podendo ser medido em nível setorial, de projeto ou de atividade (YEUNG et al., 2013).

A primeira vista, as causas da baixa produtividade são quase sempre associadas a falta de qualificação da mão de obra, entretanto, estudos apontam outras causas, tais como, deficiências na tecnologia adotada, a gestão da mão de obra, as atividades gerenciais e os fatores externos (JARKAS e BITAR, 2012).

O presente artigo tem como objetivo apresentar os resultados da medição de produtividade para o processo de execução de estrutura de concreto armado (serviço de forma, armação e concretagem), destacando-se os fatores que influenciaram no desempenho dos processos. O foco no processo de estrutura de concreto armado justifica-se pelo seu impacto no custo total de edificação, que de acordo Araújo (2000) representa cerca 28% do custo total da obra, e desta fração, 44% se relacionam ao serviço de formas, enquanto armação e concretagem.

Diante da necessidade de mensuração da produtividade e identificação de oportunidades de melhorias, a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), sob a liderança da Comunidade da Construção, desenvolveu em parceria com grupos de pesquisas na área de medição de desempenho no período de 2011 a 2014 os Projetos Indicadores de Produtividade e Perdas em Processos à Base de Cimento visando desenvolver e implementar um sistema de indicadores de produtividade e perdas para processos construtivos à base de cimento.

É importante contextualizar que quando este projeto foi iniciado em 2011, o setor da construção civil passava por forte ascensão, no entanto, existia ainda uma carência de mão de obra qualificada no setor, problemas significativos de fornecimento de materiais e serviços, e como consequência, as obras estavam sendo entregues com significativos atrasos e com custo acima do previsto. Diante deste contexto, a medição de produtividade mostrou-se de extrema relevância visando o acompanhamento do desempenho dos projetos, e continua sendo um desafio em um período de crise.

## 2 ESTUDOS DE PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA NA CONSTRUÇÃO

Diversos estudos sobre produtividade da mão de obra na construção vêm

sendo publicados, incluindo levantamentos de dados quantitativos e causas da baixa produtividade enfrentada pelo setor. O Quadro 1 apresenta os principais fatores identificados na literatura que influenciam a produtividade, sendo alguns deles discutidos a seguir.

Quadro 1: Fatores identificados na literatura que influenciam a produtividade da mão de obra nos processos de estrutura de concreto armado

Fatores	Referências
Tipologia Estrutural	Araújo (2000)
Clareza das especificações técnicas	Jarkas e Bitar (2012); Araújo (2000); El-Gohary e Aziz (2014)
Uso de inovação tecnológica	Guimarães (2012); El-Gohary e Aziz (2014)
Equipamento utilizado para transporte e lançamento do concreto	Araújo (2000)
Falta de manutenção e baixa qualidade dos equipamentos de transporte e lançamento	Araújo (2000)
Tipo de mão de obra: própria ou terceirizada	El-Gohary e Aziz (2014)
Rotatividade dos funcionários	Lim e Alum (1995)
Qualificação da equipe	Souza (2006);
Dimensionamento da equipe	Jarkas e Bitar (2012); Thomas et al. (2003); El-Gohary e Aziz (2014)
Hora extra	Jarkas e Bitar (2012)
Falta de supervisão do trabalho	Jarkas e Bitar (2012); Abdel-Razek et al. (2007); El-Gohary e Aziz (2014)
Falta de sistema de incentivos	Jarkas e Bitar. (2012); El-Gohary e Aziz (2014)
Logística e organização do canteiro	Souza (2006); Jarkas e Bitar (2012); Araújo (2000)
Interferência entre as atividades	Jarkas e Bitar (2012)
Escassez de material	Jarkas e Bitar (2012); Araújo (2000)
Planejamento semanal	Abdel-Razek et al. (2007); El-Gohary e Aziz (2014)

Para Araújo (2000) os fatores que potencialmente influenciam na produtividade podem ser relacionados ao conteúdo do trabalho (componentes físicos, especificações exigidas, detalhes de projetos, etc.), bem como relacionados ao contexto do trabalho (disponibilidade de materiais, ferramentas e equipamentos, a sequência das atividades, entre outros). Para Thomas et al. (2003) a causa mais expressiva da baixa produtividade está na dificuldade em dimensionar a capacidade de carga de trabalho disponível com a quantidade de serviço.

Jarkas e Bitar (2012) destacaram os principais fatores que afetam a produtividade: (1) clareza das especificações técnicas; (2) mudança durante a execução; (3) nível de coordenação entre as disciplinas de projeto; (4) falta de supervisão de trabalho; (5) proporção de trabalho subcontratado; (6) nível de complexidade do projeto; (7) falta de sistema de incentivos; (8) falta de liderança do gerente de construção; (9) inspeção rigorosa pelo engenheiro; (10) demora nas respostas de pedidos de

informação (JARKAS; BITAR, 2012).

Entendeu-se a partir da revisão da literatura que apesar da identificação e avaliação das causas que afetam a produtividade na construção civil ser tema amplamente estudado nas duas últimas décadas, ainda se observa a necessidade de estudos em nível regional para identificação dos principais problemas em contextos específicos e da identificação de boas práticas que proporcionem a melhoria da produtividade. Além disto, os efeitos destes fatores na produtividade podem variar de atividade para atividade. Embora alguns fatores possam ter influência similar na produtividade de muitas tarefas, a taxa de impacto destas causas na produtividade pode ser bem diferente (YIN; CHAN, 2014).

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

A presente pesquisa foi desenvolvida por meio das seguintes etapas: (a) desenvolvimento do sistema de indicadores e metodologia padronizada; (b) ciclos de implantação dos indicadores; e (c) formação do banco de dados e (d) análise comparativa dos dados.

O projeto foi desenvolvido em dois ciclos distintos caracterizados como Ciclo I (Setembro/2011 a Agosto/2012) e Ciclo II (Setembro/2013 a Agosto/2014). A pesquisa como um todo foi realizada com a participação de 12 obras e 9 empresas construtoras. Especificamente para o processo de estrutura de concreto armado, participaram 9 obras de 7 empresas construtoras, sendo todas as obras de sistema de estrutura convencional (pilar, viga e laje).

No ciclo I foram realizadas 8 reuniões conjuntas com as obras e 6 reuniões no ciclo II visando discutir o desempenho alcançado pelas obras, as vantagens e desvantagens dos diferentes métodos construtivos adotados e o potencial de melhoria. O Quadro 2 apresenta o resumo da caracterização das obras.

Quadro 2: Caracterização das obras

Obra	Características	Tipologia estrutural	Ciclos de produtividade coletados		
			Forma	Armação	Concretagem
E1	RM, 13 pav. tipo	Reticulada Vigada	11	11	11
E2	RM, 21 pav. tipo	Reticulada Vigada	7	7	5
E3	RM, 22 pav. tipo	Reticulada Vigada	19	15	15
E4	RA	Plana com viga de bordo	5	-	-
E6	RA, 12 pav. tipo	Plana Nervurada sem viga de bordo	8	10	2
E7	RA, 13 pav. tipo	Reticulada Vigada	4	8	7
E8	RA, 32 pav. tipo	Plana Nervurada com viga de bordo	2	2	-
E9	RA, 13 pav. tipo	Reticulada Vigada	12	12	13
E10	RA, 4 pav. tipo	Reticulada Vigada	4	4	4

R- Residencial, M - Médio, A – Alto

A medição foi realizada pelo indicador denominado Razão Unitária de

Produção (RUP) (SOUZA, 2005), que relaciona o esforço dos trabalhadores (medido em homens-hora demandados) pela quantidade de serviço realizado, não sendo computadas as horas-prêmio recebidas pelos operários. Para o serviço de concretagem foi coletada a RUP Global, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3: Indicadores, fórmulas e descrição dos indicadores utilizados

**Indicador**

		$\text{RUP} = \frac{\text{QS}}{\text{TH}}$ <p>e o início até o fim da disponibilização da equipe envolvida no serviço (h)</p> <p>QS = Quantidade de serviço realizada (<math>\text{m}^3</math>)</p>
--	--	---

Fonte: Os autores

Neste trabalho, foi analisada a **RUP por ciclo** que corresponde à quantidade de homens-hora da equipe direta trabalhada em relação à quantidade de serviço do ciclo de coleta, que no presente trabalho corresponde ao pavimento tipo. A **RUP cumulativa** corresponde à produtividade acumulada no período de coleta, enquanto a **RUP potencial** corresponde a mediana dos valores de RUP por ciclo abaixo da RUP cumulativa final dos ciclos analisados. Paliari e Souza (2008) descrevem que os fatores que influenciam na produtividade da mão de obra estão relacionados com a RUP potencial, enquanto as anormalidades que ocorrem ao longo da produção estão relacionadas à diferença entre a RUP cumulativa e a RUP potencial denominado de  $\Delta\text{RUP}$ .

A análise dos dados foi realizada individualmente e para cada obra foram identificados os fatores favoráveis e desfavoráveis que influenciaram a produtividade, tomando como base os fatores identificados na literatura. Estes fatores foram analisados com base nos dados coletados nas planilhas de coleta dos indicadores, nos dados levantados durante as visitas individuais realizadas nas obras, bem como por meio das percepções coletadas nas reuniões conjuntas.

## 4 RESULTADOS

Este item apresenta os resultados dos indicadores de produtividade para os processos de forma, armação e concretagem, associando a fatores que tenderam a influenciar na produtividade com base na RUP Potencial.

### 4.1 Forma

A Tabela 1 apresenta os resultados de RUP Cumulativa Global, RUP Potencial Global e  $\Delta\text{RUP}$  para o processo de montagem e desmontagem de forma para carpinteiro e servente.

Tabela 1: Valores de produtividade da mão de obra no serviço de forma em Hh/m<sup>2</sup>

Obras	RUP Cum Carpinteiro	RUP Pot Carpinteiro	$\Delta$ RUP Carpinteiro	RUP Cum Servente	RUP Pot Servente	$\Delta$ RUP Servente
E1	0,44	0,42	0,02	0,09	0,08	0,01
E2	0,80	0,78	0,02	0,70	0,59	0,11
E3	0,32	0,34	0,03	0,30	0,29	0,01
E4	0,60	0,60	0,00	0,49	0,47	0,02
E6	0,67	0,66	0,01	0,46	0,42	0,04
E7	0,64	0,63	0,01	0,55	0,48	0,07
E8	0,50	0,49	0,02	0,21	0,21	0,00
E9	0,36	0,33	0,03	0,48	0,46	0,02
E10	0,35	0,32	0,03	0,10	0,10	0,00

A obra E2 obteve o pior desempenho para forma, com RUPpot de 0,78 Hh/m<sup>2</sup> para carpinteiro e 0,59 Hh/m<sup>2</sup> para servente. A obra terceirizava o serviço de forma, tendo em média uma equipe com 8 carpinteiros e 9 ajudantes, sendo a quantidade de serviço de forma 662 m<sup>2</sup>/pavimento, em um tempo de ciclo médio de 10 dias. Dentre os fatores desfavoráveis, observou-se que a subempreiteira realizava a constante relocação da equipe, além disso, o uso do guincho ocasionou atrasos na movimentação, devido à falta de planejamento dos materiais a serem içados, ocasionado ociosidade da equipe por falta de material.

A obra E10 obteve o melhor desempenho, com RUPpot de 0,32 Hh/m<sup>2</sup> para carpinteiro e 0,10 Hh/m<sup>2</sup> para servente. A equipe responsável era terceirizada, constituída de 8 carpinteiros e 4 serventes, e a quantidade de serviço foi de 1280m<sup>2</sup>/pavimento, com um tempo de ciclo médio de 10 dias. Embora o transporte das peças entre pavimentos fosse realizado manualmente, verificou-se nesta obra uma atuação contínua da engenharia na supervisão das atividades da terceirizada, destacando a utilização dos indicadores de produtividade para o dimensionamento das equipes.

## 4.2 Armação

A obra E6 obteve RUPpot foi de 0,050 Hh/kg para carpinteiro e 0,025 Hh/kg para servente, representando o pior desempenho para armação, apresentado na Tabela 2. A obra utilizava o aço cortado e dobrado. O serviço era realizado por uma equipe própria formada por 14 armadores e 8 serventes, onde a quantidade de serviço por pavimento era de 9.875Kg, com tempo de ciclo médio de 5 dias. O transporte das armaduras até o pavimento era realizado por meio de grua, no entanto, a mesma era responsável pelo transporte de outros materiais ocasionado em esperas pela falta de planejamento das movimentações. Outro fato relevante observado foi à construção de três torres simultaneamente, provocando o deslocamento de equipes entre as torres.

Tabela 2: Valores de produtividade da mão de obra no serviço de armação em Hh/kg

Obras	RUP cum Armador	RUP Pot Armador	$\Delta$ RUP Armador	RUP cum Servente	RUP Pot Servente	$\Delta$ RUP Servente
E1	0,032	<b>0,025</b>	0,001	0,002	<b>0,007</b>	0,001
E2	0,073	<b>0,047</b>	0,026	0,022	<b>0,021</b>	0,001
E3	0,047	<b>0,041</b>	0,007	0,011	<b>0,009</b>	0,002
E6	0,054	<b>0,050</b>	0,004	0,028	<b>0,025</b>	0,003
E7	0,019	<b>0,014</b>	0,004	0,015	<b>0,005</b>	0,010
E8	0,025	<b>0,021</b>	0,005	0,004	<b>0,004</b>	0,010
E9	0,037	<b>0,031</b>	0,006	0,029	<b>0,022</b>	0,007
E10	0,022	<b>0,021</b>	0,001	0,011	<b>0,011</b>	0,000

A obra E7 apresentou o melhor desempenho, RUPpot de 0,014 Hh/kg para carpinteiro e 0,005 Hh/kg para servente. A obra utilizava aço cortado e dobrado, restando apenas a montagem dos elementos. A equipe responsável era terceirizada formada por 6 armadores e 12 serventes, com quantidade de serviço por pavimento de 20.140Kg com tempo de ciclo médio de 9 dias. Apesar da alta rotatividade de mão de obra por parte da terceirizada, o serviço era realizado de forma ágil por profissionais com treinamento específicos. Quanto ao dimensionamento da equipe notou-se um excesso de serventes, que neste caso, colaboravam no processo de montagem da armação, além das atividades de movimentação das armaduras. A movimentação vertical era realizada por grua e guincho, agilizando o transporte em casos de altas demandas de materiais, diminuindo as esperas.

#### 4.3 Concretagem

Os dados foram coletados em separado para pilar e viga + laje, devido às características da mão de obra no serviço de concretagem para cada fase. A Tabela 3 apresenta os valores de produtividade para concretagem.

Tabela 3: Valores de produtividade da mão de obra no serviço de concretagem em Hh/m<sup>3</sup>

Obras	RUPcum Global Pilar	RUPPot Global Pilar	$\Delta$ RUP Global Pilar	RUPcum Global (V+L)	RUP Pot Global (V+L)	$\Delta$ RUP Global (V+L)
E1	6,00	<b>4,95</b>	1,05	3,08	<b>2,92</b>	0,16
E2	-	-	-	3,26	<b>2,48</b>	0,78
E3	4,09	<b>3,31</b>	0,79	4,15	<b>4,10</b>	0,05
E6	3,12	<b>2,59</b>	0,53	1,20	<b>1,15</b>	0,05
E7	3,11	<b>1,94</b>	1,17	1,53	<b>1,28</b>	0,24
E9	2,62	<b>2,14</b>	0,08	1,64	<b>1,50</b>	0,14
E10	1,62	<b>1,37</b>	0,26	1,47	<b>1,38</b>	0,09

Para pilar, a Obra E1 obteve o pior desempenho em concretagem de pilar, sendo a RUPpot de 4,95 Hh/m<sup>3</sup>. Para este serviço, a obra utilizou mão de obra própria composta de 1 pedreiro e 7 serventes, o transporte e lançamento do concreto foi realizado através de bomba estacionária. Para Viga e Laje, a Obra E3 obteve o pior desempenho, sendo a RUPpot de 4,10 Hh/m<sup>3</sup>. Nesta obra, este serviço era realizado por equipe de mão de obra terceirizada composta 5 pedreiros e 10 serventes. Para o transporte e lançamento do concreto utilizou-se bomba estacionária. Dentre os fatores destacam-se: excesso de serventes durante o processo, atrasos no recebimento concreto ou mobilização da equipe muito cedo, com tempo de início de 2,5h para E1, e de 1,79h para E3, além da diferença de 0,26Hh/m<sup>3</sup> entre a RUP Cumulativa Caminhão e a RUP Cumulativa Descarga nesta obra, indicando o tempo ocioso entre o descarregamento dos caminhões para pilar E1 e de 0,64Hh/m<sup>3</sup> para viga e laje E3.

A Obra E10 obteve o melhor desempenho no serviço de concretagem de pilar, sendo a RUPpot de 1,37 Hh/m<sup>3</sup>, e a obra E6 para viga e laje com RUPpot de 1,15 Hh/m<sup>3</sup>. Ambos os serviços de concretagem eram realizados com mão de obra própria e com bomba estacionária. Para pilar a equipe era composta por 2 pedreiros e 3 serventes e de viga e laje por 5 pedreiros e 11 serventes. Os principais fatores que afetaram este serviço foram: correto dimensionamento da equipe, baixa rotatividade da mão de obra, movimentação dos materiais e organização do canteiro eficiente. Além disso, ambas as obras realizavam reunião de planejamento semanal junto aos encarregados, e a obra E10 realizava um planejamento do concreto junto à concreteira.

#### **4.4 Fatores que influenciaram na produtividade no processo de estrutura de concreto armado**

A partir dos dados de produtividade e das análises realizadas, foi possível identificar um conjunto de fatores e a descrição da possível situação favorável e desfavorável que influenciou na produtividade (Quadro 4).

- *Mão de obra*

Quanto à mão de obra, os fatores que se destacaram no estudo foram: o tipo de mão de obra, corroborando com El-Gohary e Aziz (2014), a rotatividade dos funcionários, corroborando com Lim e Alum (1995), a mobilização da equipe muito antes do início do serviço e a falta de supervisão do trabalho, corroborando com diversos autores (JARKAS e BITAR, 2012; ABDEL-RAZEK et al., 2007; EL-GOHARY e AZIZ, 2014; HAFEZ et al., 2014).

Neste estudo a mão de obra própria se mostrou favorável, principalmente pela maior supervisão da equipe de produção por parte da construtora associado a baixa rotatividade dos funcionários, a mão de obra terceirizada apresentou na maioria dos casos, alta rotatividade. Em alguns casos, o superdimensionamento da equipe, elevada quantidade de serventes, impactou diretamente na diminuição da produtividade. Percebeu-se que a maioria das empresas mobilizavam as equipes muito antes do início do

serviço, principalmente para o processo de concretagem, chegando a alcançar ociosidade de 1,79h para pilar e 1,79 para viga e laje, influenciando no aumento da RUP Global como verificado na obra E3.

Quadro 4: Fatores que influenciam a produtividade do processo de estrutura de concreto armado

Categoria	Fatores Influenciadores	Situação Favorável	Situação Desfavorável
Mão de Obra	Tipo de mão de obra (terceirizada ou própria)	Mão de obra terceirizada tende a ter maior produtividade, devido a sua especialização.	Mão de obra própria tende a ser menos eficiente em relação à equipe terceirizada, na ausência de treinamento específico.
	Rotatividade (alta ou baixa)	A baixa rotatividade tende a aumentar a produtividade, devido a curva de aprendizagem e pela repetitividade.	A alta rotatividade tende a reduzir a produtividade, devido a ausência de curva de aprendizagem e pela falta de repetitividade.
	Dimensionamento da equipe de produção	O bom dimensionamento da equipe impacta diretamente na produtividade, devido a adequação da capacidade de carga de trabalho disponível a quantidade de serviço.	O mau dimensionamento da equipe (subdimensionamento ou superdimensionamento) tende a reduzir a produtividade, ocasionando em ociosidade da equipe, ou a não conclusão das atividades nos prazos previstos.
	Mobilização da equipe (tempo hábil ou muito antes do início do serviço)	A mobilização da equipe em tempo hábil reduz a espera da equipe, aumentando a produtividade.	A mobilização da equipe muito antes do início do serviço conduz a esperas da equipe e a redução da produtividade.
	Supervisão do trabalho (ausência ou presença)	A presença de supervisão do trabalho tende a aumentar a produtividade pela identificação mais rápida dos problemas.	A ausência supervisão do trabalho tende a reduzir a produtividade, pois os problemas tendem a não serem observados em tempo real.
Movimentação e armazenamento de materiais	Espaço necessário para circulação, estocagem e áreas de produção (adequado ou inadequado)	O adequado espaço necessário para circulação, estocagem e áreas de produção tende a aumentar a produtividade devido a um melhor fluxo físico, menores distâncias de transportes e identificação clara dos materiais a serem utilizados.	O inadequado espaço necessário para circulação, estocagem e áreas de produção tende a reduzir a produtividade devido a maiores distâncias de transportes, barreiras ou obstáculos durante o transporte de materiais e perdas de materiais.
	Tipo de equipamentos utilizado para transporte de materiais	O transporte mecanizado de materiais, como guias, mini guias e elevadores tende a aumentar a produtividade devido a redução da necessidade de Hh de serventes em transportes.	O transporte manual de materiais tende a reduzir a produtividade, pelo número maior de Hh de serventes em transportes.
	Planejamento da movimentação dos materiais	O planejamento da atividade de movimentação de materiais aumenta a produtividade, devido a redução do tempo de espera dos equipamentos de transporte, ou seja, controle da demanda.	A falta do planejamento da atividade de movimentação de materiais reduz a produtividade, devido a esperas geradas para o transporte dos materiais, gerando ociosidade das equipes de produção.

Quadro 4: Fatores que influenciam a produtividade do processo de estrutura de concreto armado (cont.)

Categoría	Fatores Influenciadores	Situação Favorável	Situação Desfavorável
Tipologia e Projetos	Geometria da fachada (simples ou complexa)	A geometria simples (quadrada ou retangular sem excessos de recortes) tende a possibilitar maior rapidez na execução das atividades de forma, armação e concretagem.	A geometria complexa (curva ou com muitos recortes) tende a tornar menos eficiente a montagem das formas e armaduras e o adensamento do concreto.
	Nível de racionalização de sub-processos	O uso de formas pré fabricadas e armaduras cortadas, dobradas e pré montadas aumenta a produtividade do processo, pela redução de Hh de trabalho no canteiro.	Corte e montagem de formas e armaduras cortadas, dobradas e pré montadas no canteiro tende a reduzir a produtividade pelo aumento de Hh de trabalho no canteiro, além de aumentar interferências entre as atividades.
Planejamento e Controle da Produção	Planejamento semanal com uso dos indicadores de produtividade (adoção ou não adoção)	O planejamento semanal sistematizado e com uso dos indicadores de produtividade para retroalimentação dos processos tende a aumentar a produtividade, devido ao controle em tempo real.	A não adoção de planejamento semanal ou adoção não sistematizada e o não uso dos indicadores de produtividade tende a não identificação dos problemas durante a execução e controle em tempo real.
	Planejamento dos horários de chegada do concreto junto à concreteira (adoção ou não adoção)	O planejamento dos horários de chegada do concreto junto a concreteira tende a reduzir as esperas de tempo de início do processo de concretagem.	O não planejamento dos horários de chegada do concreto junto a concreteira tende a provocar maiores esperas no tempo de início da concretagem.

- *Movimentação e armazenamento dos materiais*

Grande parte das obras estudadas apresentavam canteiros limitados e restritos, em que a falta de planejamento na logística dos materiais no canteiro influenciava negativamente na produtividade, corroborando com os estudos de Souza (2006), Jarkas e Bitar (2012), Araújo (2000) e Hafez et al. (2014).

Ainda em logística, o tipo de equipamentos utilizado para a movimentação dos materiais influenciou de forma positiva ou negativa a produtividade dos processos, visto o maior ou menor tempo do transporte, a interferências entre as atividades devido à alta demanda gerada pela falta de planejamento da movimentação dos materiais, além das esperas provocadas pela quebra e manutenção dos mesmos. Esta questão de equipamento foi ressaltada no estudo de Araújo (2000).

Para os processos de forma e armação observou-se que a fluidez na movimentação está associada ao planejamento do transporte dos materiais, e ao tipo de transporte vertical utilizado. Para obra E6, apenas a movimentação através da grua não foi suficiente para melhorar a RUP potencial armador e servente calculada em 0,050Hh/kg e 0,025Hh/kg.

Enquanto isso, a obra E7 que dispunha de grua e guincho para movimentação do aço, os benefícios quanto à produtividade foram visíveis.

Para o serviço de concretagem constatou-se que a utilização de bomba estacionária ou lança garantiu melhor fluidez e agilidade na movimentação. Embora, para a concretagem de pilar algumas obras (E3 e E7) optaram pela grua, a mesma não parece ser o equipamento ideal para transporte de concreto em grandes quantidades, ocasionando em esperas e ociosidade, devendo ser analisada a relação custo-benefício.

- *Tipologia e projetos*

A geometria simples da fachada influenciou positivamente na produtividade, especialmente para a execução das fôrmas, além de favorecerem a produtividade durante o processo de armação e a concretagem, corroborando com Araújo (2000) e Jarkas e Bitar (2012). A tipologia foi desfavorável nas obras E2 e E10 devido à presença de peças curvas, no entanto, E2 obteve baixos índices de produtividade, especialmente para forma e E10 apresentou bons índices, isso se justifica pela interferência dos outros fatores que afetaram a produtividade. Neste sentido, a produtividade deve ser levada em consideração desde a concepção do projeto.

- *Planejamento e Controle da Produção*

É reconhecido que o planejamento exerce influência sobre todas as atividades do canteiro, e neste estudo específico, foi possível destacar-se a importância do planejamento semanal na produtividade, corroborando com Abdel-Razek, Elshakour; Abdel-Hamid (2007) e El-Gohary e Aziz (2014). Apesar da difusão dos conceitos de planejamento, poucas empresas realizavam o planejamento semanal de forma consistente, adequando a carga de trabalho disponível a carga de trabalho necessária a quantidade de serviço.

Apesar da significativa importância, este fator foi observado em apenas 3 obras. Em especial, a obra E10 se destacou pelo planejamento e acompanhamento dos processos, mesmo os serviços realizados por empresas terceirizadas. Dentre as práticas adotadas, destacam-se a reunião do planejamento com todos os envolvidos no processo (planejamento das futuras atividades e feedback) e o planejamento do concreto juntamente com a concreteira, outro fator que colaborou com redução dos atrasos dos caminhões de concreto.

## 5 CONCLUSÕES

A principal contribuição deste estudo foi a identificação de um conjunto de fatores que influenciam a produtividade, assim como a descrição da possível situação favorável e desfavorável para o processo de estrutura de concreto armado, destacando-se as variáveis: mão de obra, movimentação e armazenamento de materiais, tipologia e projetos e planejamento e controle de obras.

Outra contribuição foi desenvolvimento de uma metodologia padronizada para medição de indicadores de produtividade, tomando como base o reconhecido indicador Razão Unitária de Produção, que pode ser comparado com bases de dados comerciais e públicas. Esta metodologia se diferencia de outras metodologias, pois em sua concepção buscou-se reduzir a complexidade das variáveis a serem coletadas para cálculo dos indicadores, por exemplo, a coleta era por pavimento tipo e não diária ou por área para que a mesma pudesse ser implantada por um número maior de obras. Além disso, o estudo contribuiu para a criação de uma base de dados regional, que servem para fomentar mudanças nos processos de planejamento, orçamentação, contratação e monitoramento da produtividade da obra, associados a fatores específicos.

A representatividade da adesão às iniciativas mostra a necessidade que as empresas construtoras possuem em conhecer o nível de desempenho de suas tecnologias construtivas e o elevado interesse na melhoria contínua de seus processos. Verificou-se um grande potencial de melhoria dos indicadores avaliados, no entanto, é necessária a adoção de medidas de controle, melhores estratégias de produção e gestão dos processos.

## REFERÊNCIAS

ABDEL-RAZEK, R. H; ELSHAKOUR, H.A; ABDEL-HAMID, M. Labor productivity: Benchmarking and variability in Egyptian projects. **International Journal of Project Management**, v.25, p. 189-197, 2007.

ARAÚJO, L.O.C. **Método para a previsão e controle da produtividade da mão de obra na execução de formas, armação, concretagem e alvenaria**. São Paulo, 2000. 385p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

EL-GOHARY, K.M; AZIZ, R. F. Factors Influencing Construction Labor Productivity in Egypt. **Journal of Management in Engineering**, v. 30, n. 1, p. 1-9, 2014.

JARKAS, A. M; BITAR, C. G. Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. **Journal of construction engineering and management**, v. 138, n. 7, 2012.

LIM, E.C; ALUM, J. Construction productivity: issues encountered by contractors in Singapore. **Journal of Project Management**, v. 13, n. 1, p. 51-58, 1995.

MAWDESLEY, M. J.; AL-JIBOURI, S. Modelling construction project productivity using systems dynamics approach. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 59, n.1, p. 18-36, 2010. ISSN 1741-0401

PALIARI, J. C; SOUZA, U. E. L. Método simplificado para prognóstico do consumo unitário de materiais e da produtividade da mão de obra: sistemas prediais hidráulicos. São Paulo: EPUSP, 2008. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP)

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros** - Manual de Gestão do Consumo de Materiais de Construção Civil. São Paulo: Pini, 2005.

SOUZA, U.E.L. **Como Aumentar a Eficiência da mão de obra** - Manual de Gestão da Produtividade na Construção Civil. São Paulo; Editora Pini; 2006. 100p

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13. ed. São Paulo: Pini, 2008.

THOMAS, H. R; HORMAN, M.J; JR, E.M; CHEN, D ; Improving Labor Flow Reliability for Better Productivity as Lean Construction Principle. **Journal of construction engineering and management**, v.129, n.3, p.251-261, 2003.

YEUNG, J.F.Y; CHAN, A. P.C; CHAN, D.W.M; CHIANG, Y.H; YANG, H. Developing a Benchmarking Model for Construction Projects in Hong Kong. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 6, p. 705-716, 2013.

YIN, W; CHAN, A.P.C. Critical Review of Labor Productivity Research in Construction Journals. **Journal of Management in Engineering**, v.30, - 214-225, 2014.