



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**MARINA MACEDO DE ABREU**

**ATIVIDADES DA MÃO DE OBRA QUE MAIS INFLUENCIAM NA  
PRODUTIVIDADE DO SISTEMA PAREDE DE CONCRETO**

Recife, PE

2019



**UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO**  
**ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO**  
**Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil**

**MARINA MACEDO DE ABREU**

**ATIVIDADES DA MÃO DE OBRA QUE MAIS INFLUENCIAM NA  
PRODUTIVIDADE DO SISTEMA PAREDE DE CONCRETO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Escola Politécnica de Pernambuco da Universidade de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Engenharia.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Livre Docente Alberto Casado Lordsleem Jr.

Recife, PE

2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Universidade de Pernambuco – Recife

Universidade de Pernambuco – Recife

Abreu, Marina Macedo de

A162a

Atividades da mão de obra que mais influenciam na produtividade do sistema parede de concreto. / Marina Macedo de Abreu. – Recife: UPE, Escola Politécnica, 2019.

130 f.: il.

Orientador: Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior

Dissertação (Mestrado - Construção Civil) Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2019.

1. Gestão da Construção Civil. 2. Produtividade. 3. Modelo Estratificado. I. Engenharia Civil – Dissertação. II. Lordsleem Júnior, Alberto Casado (orient.). III. Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica, Mestrado em Construção Civil. IV. Título.

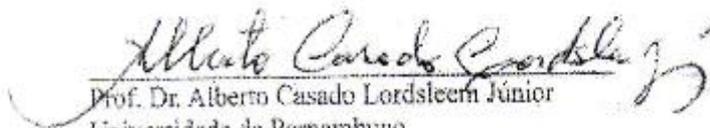
CDD: 690

**MARINA MACEDO DE ABREU**

**ATIVIDADES DA MÃO DE OBRA QUE MAIS INFLUENCIAM NA  
PRODUTIVIDADE DE SISTEMA PAREDE DE CONCRETO**

BANCA EXAMINADORA:

Orientador(a)

  
Prof. Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior  
Universidade de Pernambuco

Examinadores

  
Prof. Dra. Yêda Vieira Póvoas  
Universidade de Pernambuco

  
Prof. Dr. Luis Otávio Coelho de Araújo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

## DEDICATÓRIA

À memória de meu pai.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por seus planos em minha vida e todas as oportunidades que tive. Todas as conquistas são dedicadas a ele.

Ao professor Dr. Alberto Casado Lordsleem Júnior pela oportunidade e toda atenção dedicada nas correções e sugestões de melhorias. Assim como sua contribuição para meu crescimento profissional.

À minha mãe, Jandileide, por ser minha inspiração e meu porto seguro.

À minha irmã, Alessandra, por ser minha fiel defensora. Ao meu irmão, Rafael, que mesmo de longe transmite seu incentivo e torcida.

Ao meu companheiro, melhor amigo e marido, Vinicius, pelo amparo, incentivo diário e por sempre acreditar no meu potencial.

Aos amigos que fiz no mestrado, em especial, Virgínia e Gabriela, por todo apoio, ombro amigo e incentivo.

As construtoras que se dispuseram a participar da pesquisa, e a todos os profissionais que convivi e colaboraram para esta dissertação.

Ao professor Dr. Luís Otávio Cocito de Araújo e professora Dr<sup>a</sup> Yêda Vieira Póvoas pela leitura atenciosa e valiosas contribuições para desenvolvimento desta dissertação.

Aos familiares e amigos, que me incentivaram e apoiaram.

## RESUMO

No cenário atual de depressão da economia brasileira, as empresas construtoras buscam ainda mais a redução dos custos e eficácia dos sistemas construtivos para garantir uma produção rentável. A gestão por meio da produtividade pode auxiliar na competitividade de uma organização, permitindo alcançar as metas estabelecidas e manutenção da saúde financeira. Este estudo teve como objetivo estratificar a produtividade da mão de obra em níveis de ocupação na execução do sistema parede de concreto, nas etapas de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem de paredes e lajes. A metodologia adotada foi a coleta de dados, em três obras na Região Metropolitana do Recife, onde foi feita uma laboriosa observação e levantamento da produtividade da mão de obra levando-se em consideração os níveis de ocupação (trabalho direto, delay, mobilização, paralisação, deslocamento, exigências do canteiro e apoio). Os indicadores de produtividade obtidos eram estratificados segundo estas atividades. Para o serviço de montagem de armaduras, a RUP cumulativa representou 0,05, 0,04 e 0,03 Hh/kg, para as obras A, B e C, respectivamente. Destaca-se a influência da atividade de mobilização e paralisação na RUP, aproximadamente 18% e 15%, respectivamente. O serviço de fôrmas apresentou maior representatividade do trabalho direto, evidenciando velocidade e racionalização da etapa; os indicadores foram 0,19, 0,17 e 0,20 Hh/m<sup>2</sup>, para as obras A, B e C, respectivamente. E o serviço de concretagem representou o serviço com maior influência de outras atividades, destacando-se as paralisações, aproximadamente 26%, e delay, aproximadamente 21% da RUP. Assim, a principal contribuição deste trabalho reside na identificação dos principais fatores que influenciam na produtividade da mão de obra e que podem melhorar os prazos por meio da gestão do processo.

**Palavras-chave:** *Parede de concreto; Produtividade; RUP; Modelo Estratificado*

## ABSTRACT

The current scenario of depression of the Brazilian economy, the construction companies seek even more the reduction of costs and effectiveness of the constructive systems to guarantee a profitable production. Productivity management can help the competitiveness of an organization, enabling it to achieve established goals and maintain financial health. This study aimed at stratifying the labor productivity at occupation levels in the execution of the aluminum system formwork, in the stages of armature assembly, assembly of forms and concreting. The methodology adopted was the data collection, in three sites in the Metropolitan Region of Recife, where a laborious observation and survey of labor productivity was made taking into account the levels of occupation (direct work, delay, mobilization, displacement, requirements of the site and support), resulting in productivity indicators stratified according to these activities. For the armature assembly service, the cumulative RUP represented 0.05, 0.04 and 0.03 Hh/kg for sites A, B and C, respectively. The influence of the activity of mobilization and paralysis in the RUP is highlighted, approximately 18% and 15%, respectively. The form service showed greater representativeness of the direct work, evidencing speed and rationalization of the stage, the indicators were 0,19, 0,17 and 020 Hh/m<sup>2</sup>, for sites A, B and C, respectively. And the concreting service represented the service with the greatest influence of other activities, standing out the parallels, approximately 26%, and delay, approximately 21% of the RUP. Thus, the main contribution of this research lies in the identification of the main factors that influence the labor productivity and that can improve the deadlines through the management of the process.

**Keywords:** *Aluminum system formwork; Productivity; RUP; Influencing factors*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipologias de fôrmas para estrutura em concreto armado .....	20
Figura 2 – Ciclo de execução de paredes de concreto .....	21
Figura 3 – Sequência dos ciclos .....	22
Figura 4 – Gabaritos aplicados no piso .....	23
Figura 5 – Detalhes da armação da parede .....	24
Figura 6 – Armação das paredes e fôrmas.....	25
Figura 7 – Aplicação de tubulação elétrica das paredes e lajes.....	26
Figura 8 – Tubulação de água embutida.....	27
Figura 9 – Painéis da fôrma de alumínio .....	27
Figura 10 – Representação do travamento: a) corte longitudinal b) pino e cunha c) amarração d) alinhador.....	28
Figura 11 – Montagem de fôrmas.....	29
Figura 12 – Montagem dos painéis da laje .....	30
Figura 13 – Escoramento da laje .....	30
Figura 14 – Pesquisa referente aos tipos de concreto utilizados pelas construtoras.....	31
Figura 15 – Concretagem no 3º pavimento com bomba lança .....	32
Figura 16 – Parede após retirada das fôrmas .....	33
Figura 17 – Retirada das amarrações.....	33
Figura 18 – Diferentes abrangências do estudo da produtividade.....	35
Figura 19 – Classificação dos fatores influenciadores .....	39
Figura 20 – Tela principal do PRODCAT.....	45
Figura 21 – Exemplo de representação gráfica da produtividade diária no nível ID1 .....	46
Figura 22 – RUP cumulativa e estratificada (ID1) .....	47
Figura 23 – Fluxograma com fases da pesquisa .....	50
Figura 24 – Processo de entradas e saídas .....	51
Figura 25 – Processo para definição da árvore hierárquica.....	52
Figura 26 – Exemplo de coleta dos tempos .....	59
Figura 27 – Exemplo de RUP estratificada: nível ID1 .....	61
Figura 28 – Exemplo de representatividade percentual das atividades: nível ID1 .....	62
Figura 29 – Representação de dobra de tela .....	64
Figura 30 – Transporte de telas para a laje com o manipulador.....	64
Figura 31 – Atividades realizadas ao longo do dia pela equipe de armação .....	65
Figura 32 – Ciclos de execução na obra A .....	65
Figura 33 – Equipe por cômodo na obra A .....	66
Figura 34 – Montagem de fôrmas das paredes .....	67
Figura 35 – Montagem de fôrmas da laje .....	67
Figura 36 – Reforços paredes na obra B .....	69
Figura 37 – Tela para encontro de paredes.....	69
Figura 38 – Ciclos de execução na obra B .....	70
Figura 39 – Equipe por cômodo na obra B.....	70
Figura 40 – Transporte de painéis entre ciclos .....	71
Figura 41 – Aplicação de desmoldante.....	71
Figura 42 – Batidas com martelo de borracha.....	72
Figura 43 – Concretagem com bomba lança .....	72

Figura 44 – Montagem de fôrmas e armaduras Obra C .....	74
Figura 45 – Ciclos de execução na obra C .....	75
Figura 46 – Equipe por cômodo na obra C.....	75
Figura 47 – Posicionamento dos painéis .....	76
Figura 48 – Uso de alinhador .....	76
Figura 49 – Concretagem na obra C.....	77
Figura 50 – Representação gráfica das RUP's montagem de armaduras na obra A .....	78
Figura 51 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de armaduras na obra A.....	79
Figura 52 – Percentual das atividades ID1, montagem de armaduras na obra A .....	80
Figura 53 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de armaduras na obra A .....	81
Figura 54 – Representação gráfica das RUP's montagem de armaduras na obra B .....	82
Figura 55 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de armaduras na obra B.....	83
Figura 56 – Percentual das atividades ID1, montagem de armaduras na obra B .....	84
Figura 57 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de armaduras na obra B .....	84
Figura 58 – Representação gráfica das RUP's montagem de armaduras na obra C .....	86
Figura 59 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de armaduras na obra C.....	87
Figura 60 – Percentual das atividades ID1, montagem de armaduras na obra C .....	87
Figura 61 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de armaduras na obra C .....	88
Figura 62 – Percentual das atividades ID1 e RUP's cumulativas para montagem de armaduras nas obras A, B e C .....	90
Figura 63 – Comparação das RUP's de armação das obras A, B e C com estudos anteriores. 91	91
Figura 64 – Representação gráfica das RUP's na montagem de fôrmas na obra A .....	92
Figura 65 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de fôrmas na obra A .....	93
Figura 66 – Percentual das atividades ID1, montagem de fôrmas na obra A.....	94
Figura 67 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de fôrmas na obra A.....	94
Figura 68 – Representação gráfica das RUP's, montagem de fôrmas na obra B.....	96
Figura 69 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de fôrmas na obra B.....	97
Figura 70 – Percentual das atividades ID1, montagem de fôrmas na obra B.....	97
Figura 71 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de fôrmas na obra B.....	98
Figura 72 – Representação gráfica das RUP's, montagem de fôrmas na obra C .....	99
Figura 73 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de fôrmas na obra C.....	100
Figura 74 – Percentual das atividades ID1, montagem de fôrmas na obra C.....	101
Figura 75 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de fôrmas na obra C.....	101
Figura 76 – RUP's cumulativas ID1, montagem de fôrmas.....	103
Figura 77 – Comparação das RUP's de montagem de fôrmas das obras A, B e C com estudos anteriores .....	104
Figura 78 – Representação gráfica das RUP's, concretagem na obra A .....	105
Figura 79 - RUP's estratificadas para concretagem na obra A.....	106
Figura 80 – Percentual das atividades ID1, concretagem na obra A.....	107
Figura 81 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, concretagem na obra A.....	107
Figura 82 – Representação gráfica das RUP's concretagem na obra B .....	108
Figura 83 - RUP's estratificadas para concretagem na obra B.....	109
Figura 84 – Percentual das atividades ID1, concretagem na obra B .....	110
Figura 85 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, concretagem na obra B .....	110
Figura 86 – Representação gráfica das RUP's, concretagem na obra C .....	111
Figura 87 - RUP's estratificadas para concretagem na obra C.....	112

Figura 88 – Percentual das atividades ID1, concretagem na obra C .....	113
Figura 89 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, concretagem na obra C .....	113
Figura 90 – RUP's cumulativas ID1, concretagem .....	115
Figura 91 – Comparação das RUP's de concretagem das obras A, B e C com estudos anteriores .....	116

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Concretos utilizados na região da Colômbia.....	31
Quadro 2 – Classificação das RUP.....	37
Quadro 3 – Fatores influenciadores da produtividade.....	40
Quadro 4 – Quantidade de coletas por etapa do sistema.....	50
Quadro 5 – Árvore hierárquica para a montagem de armadura.....	53
Quadro 6 – Árvore hierárquica para a montagem de fôrma.....	55
Quadro 7 – Árvore hierárquica para concretagem.....	57
Quadro 8 – Critérios para QS.....	60
Quadro 9 - Características Obra A.....	63
Quadro 10 - Características Obra B.....	68
Quadro 11 - Características Obra C.....	73
Quadro 12 – Principais fatores influenciadores identificados.....	118

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – CUB/m <sup>2</sup> médio do Brasil .....	15
Tabela 2 – Atividades ao decorrer da semana .....	22
Tabela 3 – Indicadores RUP cumulativa para os serviços.....	42
Tabela 4 – RUP's montagem de armaduras na obra A .....	78
Tabela 5 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de armaduras na obra A.....	79
Tabela 6 – RUP's montagem de armaduras na obra B.....	82
Tabela 7 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de armaduras na obra B.....	83
Tabela 8 – RUP's montagem de armaduras na obra C.....	85
Tabela 9 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de armaduras na obra C.....	86
Tabela 10 – Resumo das RUP's de montagem de armaduras nas obras A, B e C .....	89
Tabela 11 – RUP's montagem de fôrmas na obra A .....	92
Tabela 12 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de fôrmas na obra A .....	93
Tabela 13 – RUP's montagem de fôrmas na obra B .....	95
Tabela 14 – RUP's estratificadas (ID1), montagem de fôrmas na obra B .....	96
Tabela 15 – RUP's montagem de fôrmas na obra C .....	99
Tabela 16 – RUP's estratificadas (ID1), montagem de fôrmas na obra C .....	100
Tabela 17 – Resumo das RUP's de montagem de fôrmas.....	102
Tabela 18 – RUP's concretagem para obra A .....	105
Tabela 19 – RUP's estratificadas (ID1) concretagem na obra A .....	106
Tabela 20 – RUP's concretagem na obra B.....	108
Tabela 21 – RUP's estratificadas (ID1) concretagem na obra B.....	109
Tabela 22 – RUP's concretagem para obra A .....	111
Tabela 23 – RUP's estratificadas (ID1) concretagem na obra C.....	112
Tabela 24 – Resumo das RUP's de montagem de fôrmas.....	114
Tabela 25 – Resumo geral dos resultados .....	117

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
1.1	Justificativa .....	15
1.2	Objetivos .....	17
1.2.1	Geral .....	17
1.2.2	Específicos.....	18
1.3	Estrutura do trabalho .....	18
2	SISTEMA PAREDE DE CONCRETO .....	19
2.1	Contextualização do uso do sistema .....	19
2.2	Técnica de execução .....	21
2.2.1	Etapa 1 - Marcação das paredes .....	23
2.2.2	Etapa 2 - Montagem de armaduras das paredes e lajes .....	24
2.2.3	Etapa 3 - Posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas .....	25
2.2.4	Etapa 4 - Montagem das fôrmas das paredes e lajes .....	27
2.2.5	Etapa 5 - Concretagem .....	30
2.2.6	Etapa 6 - Desfôrma.....	32
2.3	Vantagens e desvantagens do sistema.....	33
3	PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA .....	35
3.1	Definições .....	35
3.2	Indicadores de produtividade da mão de obra.....	36
3.3	Importância da produtividade da mão de obra.....	37
3.4	Fatores que influenciam a produtividade .....	38
3.4.1	Classificação.....	38
3.4.2	Estudos de referência.....	40
3.5	Indicadores de produtividade para o sistema parede de concreto .....	41
3.6	Modelo de estratificação para análise da produtividade da mão de obra.....	43
3.6.1	Exemplo de aplicação do modelo de estratificação.....	46
3.6.2	Vantagens e desvantagens .....	48
4	METODOLOGIA .....	49
4.1	Caracterização da pesquisa .....	49
4.2	Fases da pesquisa .....	49
4.3	Padronização da coleta de dados.....	51
4.3.1	Coletas de dados: entradas .....	59
4.3.2	Coleta de dados: saídas.....	60

4.4	Processamento dos dados.....	61
5	ESTUDO DE CASO.....	63
5.1	Caracterização das obras e serviços.....	63
5.1.1	Obra A.....	63
5.1.1.1	Montagem de armaduras.....	64
5.1.1.2	Montagem de fôrmas.....	65
5.1.1.3	Concretagem de paredes e lajes.....	67
5.1.2	Obra B.....	68
5.1.2.1	Montagem de armaduras.....	68
5.1.2.2	Montagem de fôrmas.....	70
5.1.2.3	Concretagem de paredes e lajes.....	71
5.1.3	Obra C.....	72
5.1.3.1	Montagem de armaduras.....	73
5.1.3.2	Montagem de fôrmas.....	74
5.1.3.3	Concretagem de paredes e lajes.....	76
5.2	Apresentação e análise dos resultados.....	77
5.2.1	Montagem de armaduras.....	77
5.2.1.1	Obra A.....	77
5.2.1.2	Obra B.....	82
5.2.1.3	Obra C.....	85
5.2.1.4	Análise dos resultados das obras A, B e C para montagem de armaduras.....	89
5.2.1.5	Análise comparativa dos resultados com estudos de referências.....	91
5.2.2	Montagem de fôrmas.....	92
5.2.2.1	Obra A.....	92
5.2.2.2	Obra B.....	95
5.2.2.3	Obra C.....	98
5.2.2.4	Análise dos resultados das obras A, B e C para montagem de fôrmas.....	102
5.2.2.5	Análise comparativa dos resultados com estudos de referências.....	103
5.2.3	Concretagem.....	104
5.2.3.1	Obra A.....	104
5.2.3.2	Obra B.....	108
5.2.3.3	Obra C.....	111
5.2.3.4	Análise dos resultados das obras A, B e C para concretagem.....	114
5.2.3.5	Análise comparativa dos resultados com estudos de referências.....	115
5.3	Análise Geral dos resultados.....	116

6	CONCLUSÕES .....	119
6.1	Considerações finais.....	119
6.2	Sugestões de temas para trabalhos futuros.....	120
	REFERÊNCIAS .....	122
	APÊNDICE A .....	130

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Justificativa

O setor da construção civil vem passando por alterações em vários âmbitos. Além da busca pelos índices de desempenho e atendimento aos requisitos dos usuários, têm-se o atual cenário de fortes mudanças influenciadas pela crise econômica, gerando um aumento da competitividade no setor. Neste contexto a busca por novas tecnologias e metodologias de gestão e execução que visem a eficiência de seus processos a fim de reduzir desperdícios e assegurar a qualidade surge, então, como um objetivo a ser alcançado pelas empresas construtoras (BÖES; PATZLAFF, 2016).

Na busca pela redução dos custos e eficácia dos sistemas construtivos, conhecer bem o próprio processo construtivo é fundamental para melhor controle e programação das obras. As empresas precisam controlar os materiais e a mão de obra dentro do canteiro.

O Custo Unitário Básico de Construção, CUB, representa o indicador de custo por metro quadrado de construção do projeto, calculado e divulgado pelos Sinduscons estaduais. A Tabela 1 representa o valor/m<sup>2</sup> do CUB médio Brasil, resultante dos CUBs estaduais, e suas composições nos últimos seis anos. A representatividade do custo com a mão de obra é superior aos demais insumos, representando 56,41% ao final de 2018.

Tabela 1 – CUB/m<sup>2</sup> médio do Brasil

Ano/Mês	Global		Composição							
			Material		Mão-de-obra		Despesa Administrativa		Equipamento	
	R\$/m <sup>2</sup>	Variação % anual	R\$/m <sup>2</sup>	Participação %	R\$/m <sup>2</sup>	Participação %	R\$/m <sup>2</sup>	Participação %	R\$/m <sup>2</sup>	Participação %
2013 Dez	1.080,43	-	465,61	43,09	567,65	52,54	42,21	3,91	4,95	0,46
2014 Dez	1.145,42	6,02%	478,07	41,74	615,44	53,73	46,42	4,05	5,48	0,48
2015 Dez	1.217,98	6,33%	497,38	40,84	665,87	54,67	49,14	4,03	5,60	0,46
2016 Dez	1.289,56	5,88%	504,81	39,15	727,10	56,38	52,01	4,03	5,65	0,44
2017 Dez	1.339,52	3,87%	515,14	38,46	765,39	57,14	53,12	3,97	5,87	0,44
2018 Dez	1.390,96	3,84%	546,09	39,26	784,63	56,41	54,04	3,89	6,18	0,44

Fonte: adaptado de CBIC (2019).

De acordo com a Tabela 1, o custo com a mão de obra, além de ter a maior representatividade na composição do CUB, apresenta as maiores variações anuais, destacando assim, a importância do controle do uso da mão de obra dentro dos canteiros.

A mão de obra é o recurso mais significativo na construção civil, pois além de ter uso intensivo, têm-se o fato de estar lidando com seres humanos que têm várias necessidades a serem supridas (JARKAS, 2017). A forma mais utilizada para controle do melhor aproveitamento da mão de obra é a produtividade, utilizada frequentemente pelas empresas. Durdyev e Mbachu (2011) reconhecem que a produtividade da mão de obra permite o alcance das metas e atendimento ao orçamento, sendo assim, competitivo com o mercado.

A preocupação com a produtividade da mão de obra é mundial, o *McKinsey Global Institute* apresentou relatório no qual, globalmente, o crescimento da produtividade da mão de obra no setor da construção foi em média de 1% ao ano nas últimas duas décadas, comparado com 2,8% para a economia mundial total e 3,6% para a manufatura (BARBOSA et al., 2017). Os indicadores do Brasil são ainda mais alarmantes, além do crescimento muito baixo, o país é classificado no grupo dos retardatários, aqueles que possuem baixos níveis de produtividade.

Oliveira (2014) aponta que a produtividade da mão de obra no Brasil é baixa em relação a outros países desenvolvidos, e que dois fatores contribuem para este cenário: a falta de industrialização na construção civil e a absorção de mão de obra pouco qualificada. Thomas (2015) e Chaturvedi, Thakkar e Shankar (2018) defendem o estudo da produtividade para ganhos no desenvolvimento do setor da construção.

A produtividade da mão de obra pode ser estudada sob diversos aspectos e modelos; são vários os modelos disponíveis na literatura, no entanto, é necessário que se identifique os fatores que inibem a produtividade e que sua perda seja mitigada na origem, por isso o Modelo de Estratificação da produtividade foi concebido para apoiar a gestão dos prazos nas obras de construção. O modelo estratifica o indicador de produtividade em frações menores, identificando as atividades ocupacionais do trabalhador durante o dia de trabalho. Sendo assim, identifica-se os principais fatores influenciadores da produtividade da mão de obra (ARAÚJO; CARVALHO FILHO; TELLES, 2013).

A identificação dos fatores mais relevantes que influenciam a produtividade da mão de obra é um critério essencial para melhorar a produtividade na indústria da construção (CHOY; RUWANPURA, 2005; GHODDOUSI; HOSSEINI, 2012). Tratando-se de mão de obra há uma grande melhoria da produtividade a ser alcançada (MAWDESLEY; AL-JIBOURI, 2010).

O sistema construtivo parede de concreto é um método de construção industrializado e racionalizado que visa produtividade, velocidade, baixo custo e qualidade, indicado para construções com alta repetitividade (CORSINI, 2011; THIYAGARAJAN; ANNERSELVAM; NAGAMANI, 2017). Em concordância, Silva (2013) afirma que em razão de tais características o sistema parede de concreto tem seu uso comum em obras do programa Minha Casa Minha Vida, MCMV, do governo federal, que visa a redução do déficit habitacional do país.

Dados da Caixa Econômica Federal mostram que o sistema construtivo parede de concreto tem prevalecido no programa Minha Casa Minha Vida. Em 2014, a tecnologia estava presente em 36% das unidades produzidas. A partir do segundo semestre de 2015, o percentual ultrapassava os 52% (SANTOS, 2016). Apesar do crescente aumento da inserção do sistema paredes de concreto em habitações no país, ainda são escassos os dados de medição de produtividade para o processo executivo deste sistema (MELO et al., 2014).

Dentro deste contexto, este trabalho estuda a produtividade da mão de obra como um importante indicador real na gestão das atividades da produção no canteiro de obras, em especial na execução do sistema parede de concreto, que tem o uso em alta no atual cenário da economia brasileira.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Geral***

Este trabalho tem como objetivo avaliar a produtividade da mão de obra no sistema parede de concreto, identificando os principais influenciadores da produtividade para as etapas de montagem de armaduras, montagem de fôrmas, e concretagem das paredes e lajes.

### **1.2.2 Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são apresentados a seguir:

- Caracterizar o sistema construtivo parede de concreto e o método de cálculo dos indicadores de produtividade estratificados;
- Identificar os níveis de ocupação e atividades com maiores representatividades para os serviços de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem de paredes e lajes;
- Identificar a contribuição percentual de cada nível de ocupação na produtividade, para cada serviço, com o intuito de se conhecer oportunidades de melhoria no sistema;
- Identificar os principais fatores que influenciam a produtividade da mão de obra durante a execução do serviço.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

Além deste capítulo introdutório, este trabalho mais é composto por mais seis capítulos:

- Capítulo 2: são apresentados os conceitos e definições e relacionados ao sistema parede de concreto;
- Capítulo 3: são apresentados os conceitos e definições relacionados à produtividade no seu sentido amplo e restrito à mão de obra, abordando o modelo para sua análise e indicadores;
- Capítulo 4: é dedicado a caracterização da pesquisa, desenvolvimento do método de coleta de dados e processamento de dados.
- Capítulo 5: é dedicado aos resultados obtidos, com a apresentação das principais características dos empreendimentos, serviços e equipes, como também os resultados e análise individual para cada estudo realizado, entre as obras estudadas e com estudos de referência.
- Capítulo 6: são apresentadas as considerações finais sobre o trabalho realizado e apresentadas sugestões de melhorias.

## 2 SISTEMA PAREDE DE CONCRETO

Neste capítulo é abordado a revisão bibliográfica sobre o sistema construtivo parede de concreto, com breve contextualização do uso, suas etapas e características da execução, e as vantagens e desvantagens no uso do sistema.

### 2.1 Contextualização do uso do sistema

Entende-se por sistema parede de concreto, sistema construtivo em que a estrutura e a vedação são formadas pelo mesmo elemento: a parede maciça de concreto moldada *in loco*. As paredes podem conter instalações elétricas e hidráulicas, quando embutidas, e vãos de esquadrias. As lajes são incorporadas ao sistema por solidarização com as paredes, tornando o sistema monolítico (ABCP, 2008; ABNT, 2012). O sistema pode ser empregado em diferentes tipos de edificações, como por exemplo: casas térreas, casas assobradadas, e edifícios com múltiplos pavimentos (ABCP, 2008).

Para ABCP (2008), o sistema parede de concreto no Brasil é inspirado em experiências consagradas nas décadas de 70 e 80, com tipologias de construção industrializadas em concreto celular (sistema Gethal) e em concreto convencional (sistema Outinord), além do uso de fôrmas deslizantes e trepantes. Devido algumas limitações, entre outras, do sistema financeiro de habitação na época, tais tipologias foram freadas quanto a consolidação no mercado Brasileiro.

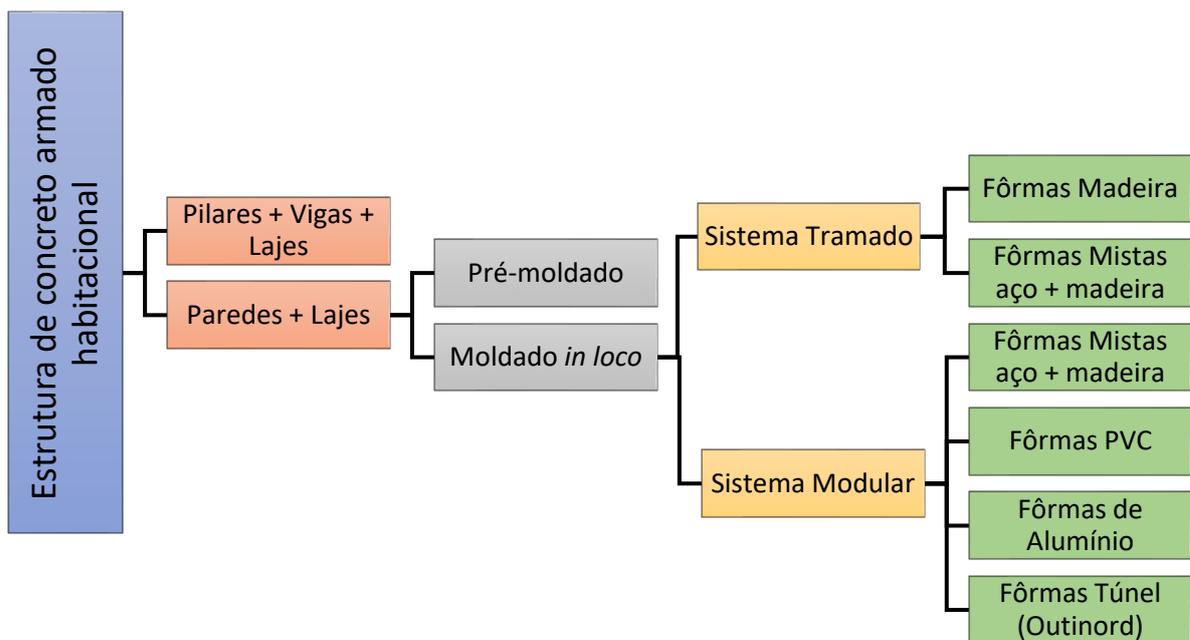
Nos últimos anos o investimento em financiamentos habitacionais, como por exemplo o Minha Casa Minha Vida (MCMV), o ambiente se tornou propício para aplicação do sistema parede de concreto e aprimoração do mesmo, tendo em vista as vantagens do sistema para construções em larga escala e de baixo custo (ABCP, 2008; SANTOS, 2016). Vários outros países defendem o uso do sistema para construção de habitação de baixo custo, como é o exemplo do Peru, Equador, México, Sri Lanka e Índia, apresentados respectivamente pelos autores Arízaga (2014), Angel (2016), Becerra-Santacruz e Lawrence (2016), Jayasinghe e Fernando (2017), Paul e Seth (2017).

Pode-se afirmar que o sistema parede de concreto faz parte de um vasto conjunto de tipologias de fôrmas que podem ser utilizados para estrutura de uma edificação. Internacionalmente o

sistema parede de concreto é conhecido pela característica das fôrmas empregadas, conhecido como *Aluminum formwork system* ou sistema de fôrmas de alumínio (THIYAGARAJAN; PANNERSELVAM; NAGAMANI, 2017).

Freire e Souza (2001) classificam os sistemas de fôrmas para estrutura em concreto armado moldado *in loco* em sistema tramado ou sistema modular. Para cada sistema existe uma variedade de tipologias de fôrmas. A Figura 1 representa os principais tipos de fôrmas utilizados em diversos países para estrutura em concreto armado, restringido a construção habitacional, apresentado pelos autores: Lordsleem Jr. (1998), ABCP (2008), Freire e Souza (2001), Abdul Kadir et al. (2006), Safa et al. (2016), Asadi e Praneeth (2017) e Thiyagarajan, Pannerselvam e Nagamani (2017).

Figura 1 – Tipologias de fôrmas para estrutura em concreto armado

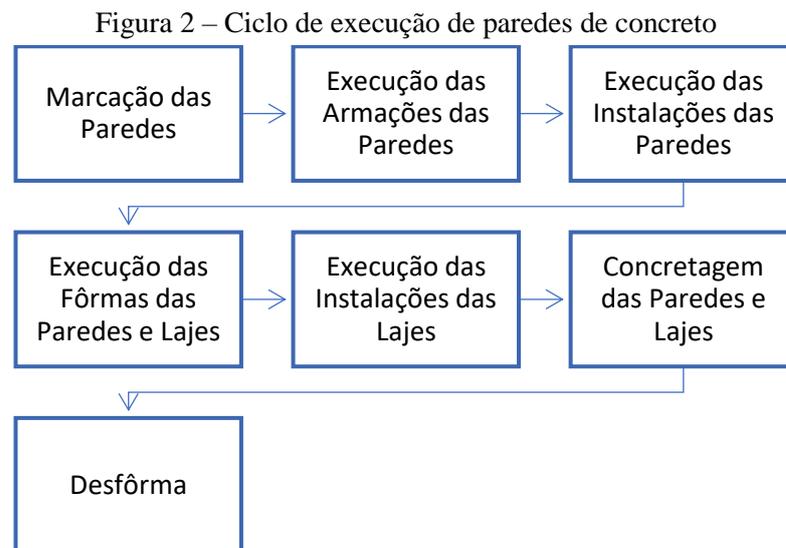


Fonte: Autora.

Considerando o sistema de fôrmas modular para estrutura em concreto armado com paredes e lajes, moldadas *in loco*, os principais tipos de fôrmas são: mistas de aço e madeira, PVC alumínio e tipo túnel. Esta dissertação tem enfoque no sistema parede de concreto com o uso de fôrmas de alumínio. A partir deste momento, sempre que a dissertação usar o termo sistema parede de concreto, refere-se ao sistema com uso de fôrmas de alumínio.

## 2.2 Técnica de execução

O sistema é indicado para construções em larga escala. Sua execução contempla ciclos sucessivos de montagem de armação, instalações elétricas, fôrmas, concretagem e desfôrma (Figura 2). Além disso o sistema proporciona uma simplificação e eliminação de outras etapas da construção, já que a moldagem e concretagem das paredes englobam a estrutura, vedação e instalações, e seu acabamento final dispensa as etapas de chapisco e reboco (CORSINI, 2011; THIYAGARAJAN; ANNERSELVAM; NAGAMANI, 2017).

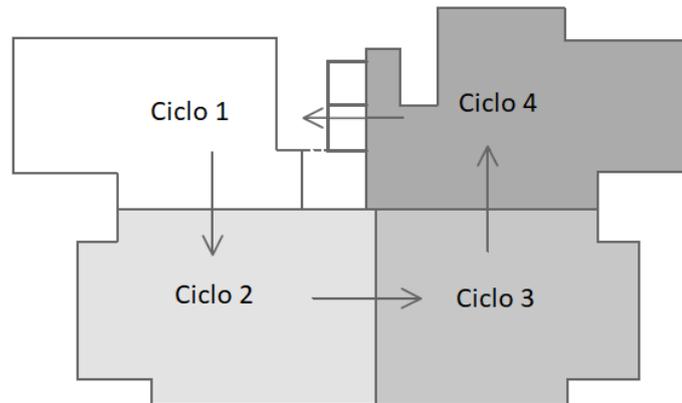


Fonte: Adaptado de Abreu e Lordsleem Jr. (2017).

Nos edifícios devem-se projetar apartamentos simétricos nos eixos em planta: longitudinal e transversal, permitindo que as fôrmas sejam reutilizadas sem necessidades de fazer grandes alterações na montagem dos mesmos, maximizando a produtividade e garantindo o ciclo (ABCP, 2009).

Chama-se de ciclo, as paredes e lajes contempladas pelo jogo de fôrmas; pode ser todo pavimento, metade do pavimento ou até mesmo um quarto do pavimento. Robinson (2011), afirma que o sistema parede de concreto tem como principal característica a execução de ciclos diários. A Figura 3 exemplifica a sequência das atividades para execução de concretagem diária apresentada pelos autores Botero e Agudelo (2011).

Figura 3 – Sequência dos ciclos



Fonte: Adaptado Botero e Agudelo (2011).

Na Tabela 2 são apresentadas as atividades que são executadas ao longo de uma semana. Para que ocorra concretagem diária é necessário que os serviços de marcação, armação e instalações elétricas das paredes estejam adiantados em pelo menos um ciclo (BOTERO; AGUDELO, 2011).

Tabela 2 – Atividades ao decorrer da semana

Atividade	Dia				
	1	2	3	4	5
Desfôrma Paredes/Lajes	Ciclo 4*	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4
Montagem das fôrmas Paredes/Lajes					
Armação das Lajes	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 1**
Posicionamento das instalações nas Lajes					
<b>Concretagem Paredes/Lajes</b>					
Marcação das Paredes					
Armação das Paredes	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 1**	Ciclo 2**
Posicionamento das instalações nas paredes					

\* Piso anterior  
\*\* Piso superior

Fonte: Adaptado Botero e Agudelo (2011).

A atividade de desfôrma é sempre do dia (ciclo) anterior. Exemplo: no dia 2 é concretado o ciclo 2. Neste dia, a desfôrma é a da concretagem do dia anterior (ciclo 1), após a desfôrma é executada a montagem das fôrmas, armação das lajes e instalações elétricas do ciclo 2. E as atividades de marcação, armação e instalações elétricas das paredes são executadas para o ciclo do dia seguinte (ciclo 3).

As principais etapas do sistema e suas características são listadas a seguir, sendo descritas detalhadamente na sequência:

- a) marcação das paredes;
- b) montagem de armaduras das paredes e lajes;
- c) posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas;
- d) montagem das fôrmas das paredes e lajes;
- e) concretagem das paredes e lajes;
- f) desfôrma.

### **2.2.1 Etapa 1 - Marcação das paredes**

É necessário marcar no piso de apoio (fundação ou laje) as linhas das faces internas e externas das paredes, de modo a orientar o posicionamento dos painéis de fôrma. A marcação pode ser feita de diversas maneiras, uma delas é utilizando régua de alumínio e um riscador metálico ou pó de xadrez. A garantia do ângulo reto entre as paredes pode ser obtida através de um simples esquadro de carpintaria (ABCP, 2008).

Abreu (2016) apresenta a utilização de espaçadores plásticos, que são aplicados no piso ou laje com pino de aço. O eixo do gabarito deve ser o mesmo eixo da parede para garantir a marcação. Os painéis de fôrma, tanto os externos quanto os internos, topam nos gabaritos, que têm de diâmetro a espessura da parede (Figura 4).

Figura 4 – Gabaritos aplicados no piso



Fonte: Abreu (2016).

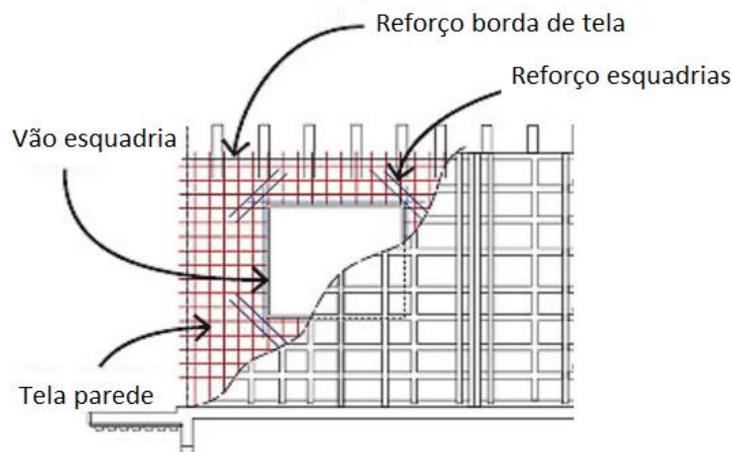
A marcação das paredes sempre tem o propósito de garantir a espessura das paredes e posicionamento das mesmas. Para garantir o alinhamento das fachadas, é importante a mesma marcação para as paredes em todos os pavimentos.

### 2.2.2 *Etapa 2 - Montagem de armaduras das paredes e lajes*

Para a armação das paredes é utilizada tela soldada e barras de aço para os reforços. Usa-se uma tela soldada no centro da parede, exceto quando a espessura da parede for superior a 15 cm, onde se devem utilizar duas telas. “Todas as aberturas com dimensão horizontal maior ou igual a 40 cm devem ser reforçadas com armaduras horizontais nas faces superior e inferior da abertura [...]” (ABNT, 2012, p. 14).

Angel (2016) reitera que os reforços devem ser nas aberturas de esquadrias (janelas e portas) usando barras de aço na parte superior e inferior da abertura, assim como barras nas esquinas das aberturas (Figura 5). A quantidade de reforços, suas posições e tipo de aço devem ser especificados no projeto estrutural.

Figura 5 – Detalhes da armação da parede



Fonte: Silva (2011).

Para Massuda e Misurelli (2009), as armaduras devem atender a três requisitos básicos: resistir a esforços de flexotorção nas paredes, controlar a retração do concreto e estruturar e fixar as tubulações de elétrica, hidráulica e gás, quando existir.

A montagem das armaduras das paredes deve estar ao menos um ciclo a frente da montagem das fôrmas; sendo assim, a montagem das paredes acontece sempre um dia antes de sua concretagem (ABREU, 2016). A armadura das lajes é aplicada no dia da concretagem (após a

montagem da fôrma). Na figura 6 é possível verificar a fôrma montada pronta para concretagem e a armadura das paredes do ciclo seguinte montadas.

Figura 6 – Armação das paredes e fôrmas



Fonte: Adaptado de Abreu (2016).

Na Figura 6 o jogo de fôrmas corresponde a um quarto do pavimento; no caso, dois apartamentos de oito, por pavimento.

### 2.2.3 Etapa 3 - Posicionamento das instalações elétricas e hidráulicas

Pode-se afirmar que uma particularidade do sistema parede de concreto é permitir que, após a desfôrma, as paredes contenham em seu interior todas as tubulações de instalações e elementos conforme projeto (ABCP, 2008).

Conforme resultado de pesquisa realizada pela ABCP (2013) com as principais construtoras que executam empreendimentos com parede de concreto, em relação a instalações, os materiais elétricos mais utilizados são o eletroduto em PVC corrugado laranja (reforçado) e caixas de passagem em PVC.

A aplicação de tubulações e caixas de elétrica deve ser realizada após a montagem das armaduras e antes da montagem dos painéis da fôrma, para instalações nas paredes (Figura 7). As tubulações devem ser fixadas nas armaduras das paredes para evitar que sejam deslocadas durante a concretagem (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

Figura 7 – Aplicação de tubulação elétrica das paredes e lajes



Fonte: Abreu (2016).

Para Arêas (2013), os cuidados com o posicionamento correto de todos os componentes das instalações elétricas são indispensáveis, visto que se vier a ocorrer algum erro de execução na colocação de algum item da instalação elétrica ou qualquer outra depois da parede concretada, a única forma de reparar é quebrando o concreto e corrigindo o erro. Isto gera retrabalho para a equipe, influenciando negativamente na produtividade do processo, e vários outros prejuízos.

Com base na norma NBR 16055 (ABNT, 2012), no caso das instalações hidrossanitárias, as tubulações podem ser embutidas nas paredes de concreto quando forem atendidas simultaneamente as seguintes condições: a diferença de temperatura no contato entre a tubulação e o concreto não ultrapassar  $15^{\circ}\text{C}$ ; a pressão interna na tubulação for menor que 0,3 MPa; o diâmetro máximo for 50 mm; o diâmetro da tubulação não ultrapassar 50% da espessura da parede, restando espaço suficiente para, no mínimo, o cobrimento nominal adotado e a armadura de reforço (Figura 8). Admite-se tubulação com diâmetro de 66% da espessura da parede e com cobrimentos mínimos desde que existam telas nos dois lados da tubulação com comprimento mínimo de 50 cm para cada lado (ABNT, 2012).

Para Arêas (2013), devido aos diversos preceitos que devem ser respeitados para que a instalação da tubulação seja feita embutida nas paredes, é comum se optar por passar as tubulações hidrossanitárias por fora das paredes. Os tubos horizontais podem ficar ocultos através do sistema de rebaixamento das lajes (como forro de gesso) e os verticais, por dentro de *shafts*.

Figura 8 – Tubulação de água embutida



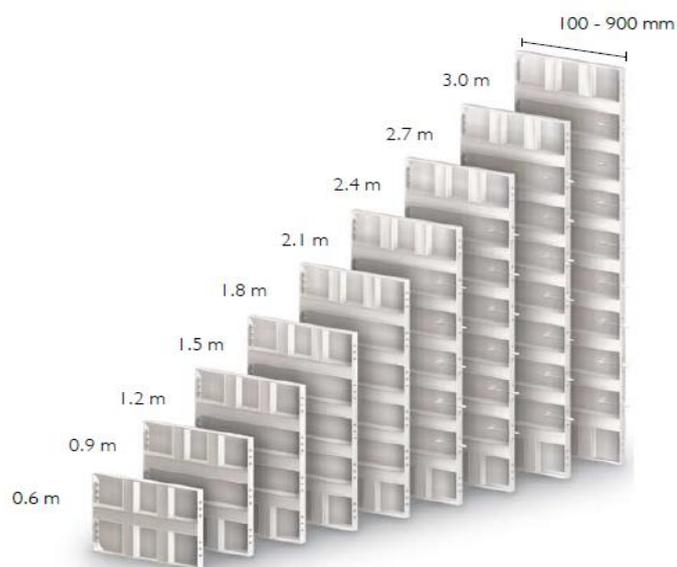
Fonte: Arízaga (2014).

Além do posicionamento da tubulação, pode-se observar, na Figura 8, o uso de isopor para garantir o posicionamento correto da tubulação.

#### 2.2.4 Etapa 4 - Montagem das fôrmas das paredes e lajes

O jogo de fôrmas de alumínio é considerado completo e integrado, composto por diferentes tipos de painéis, ferramentas e acessórios (DONG, 2016). A Figura 9 representa os painéis padrões e as variações de medidas.

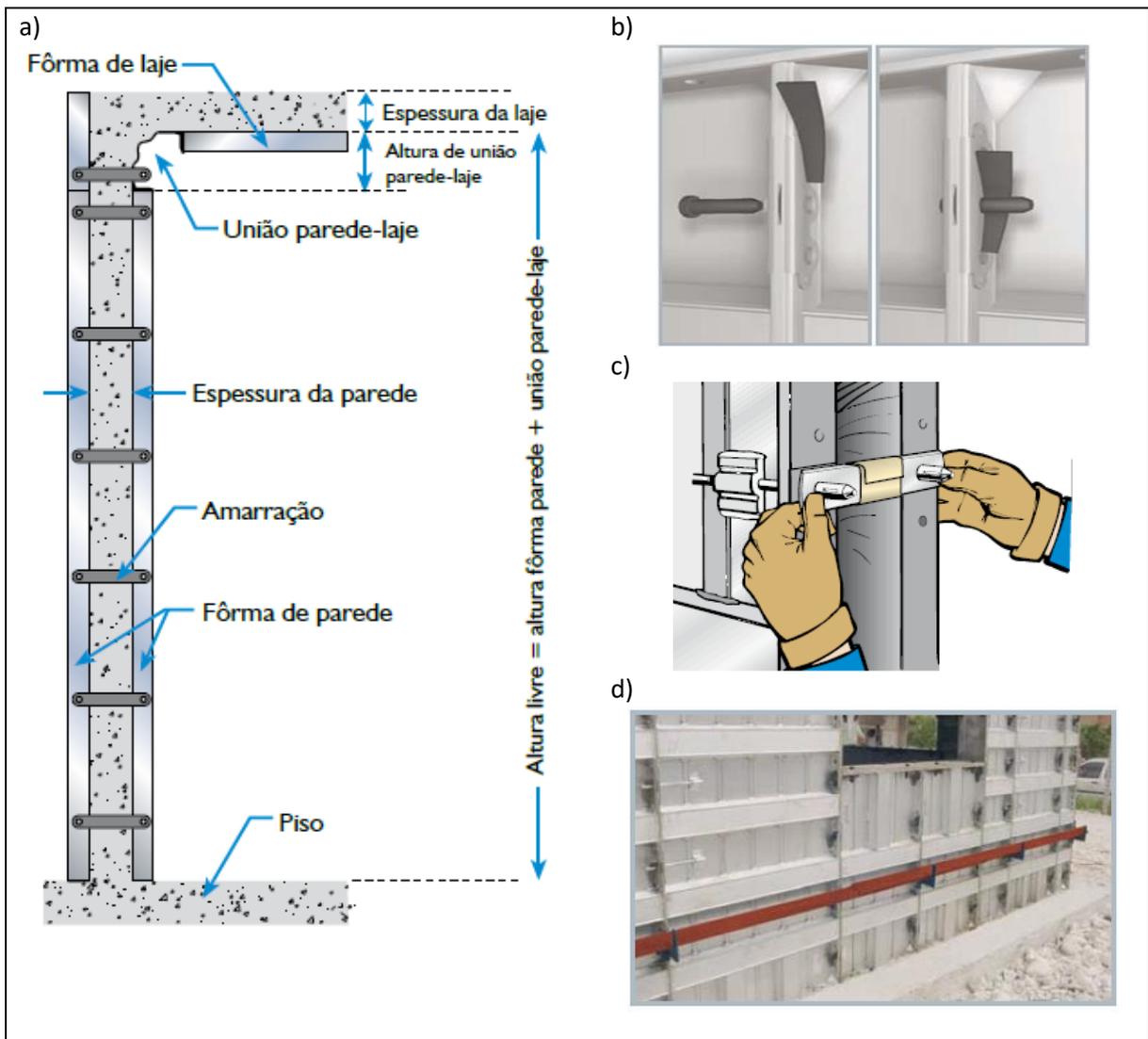
Figura 9 – Painéis da fôrma de alumínio



Fonte: Arízaga (2014).

Os painéis são travados uns aos outros por meio dos acessórios específicos do jogo de fôrmas, o pino e a cunha, que além de travarem os painéis vizinhos, também são responsáveis pelo travamento das amarrações (conhecidas como gravatas ou facas). Todos os acessórios são reutilizáveis. A Figura 10 representa os principais acessórios para travamento no jogo de fôrmas.

Figura 10 – Representação do travamento: a) corte longitudinal b) pino e cunha c) amarração d) alinhador

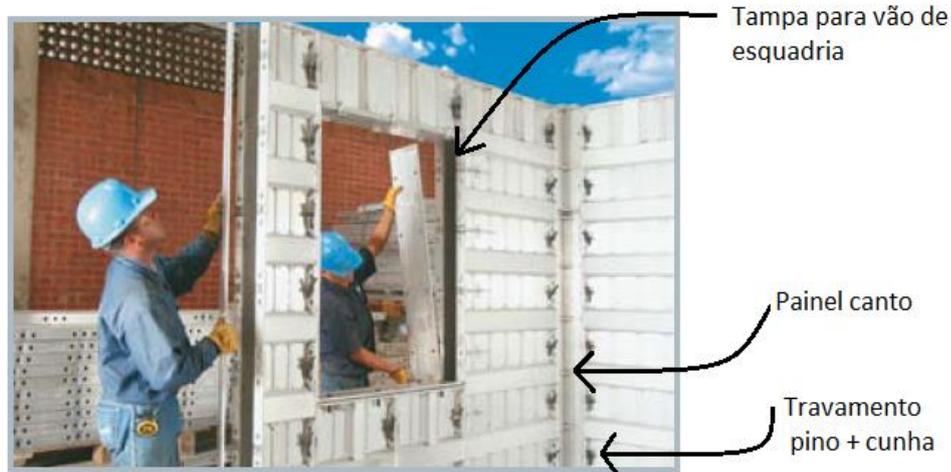


Fonte: Adaptado Arízaga (2014).

As amarrações (Figura 10c) garantem a espessura das paredes e o travamento dos painéis em faces opostas, e são colocadas nos encontros dos painéis vizinhos e travadas por pinos e cunhas (Figura 10b) nos dois lados da parede. Os alinhadores garantem o alinhamento dos painéis e são usados na parte superior e inferior da parede (Figura 10d).

Os painéis possuem peso apropriado para serem transportados por um único trabalhador, não dependendo de equipamentos.

Figura 11 – Montagem de fôrmas



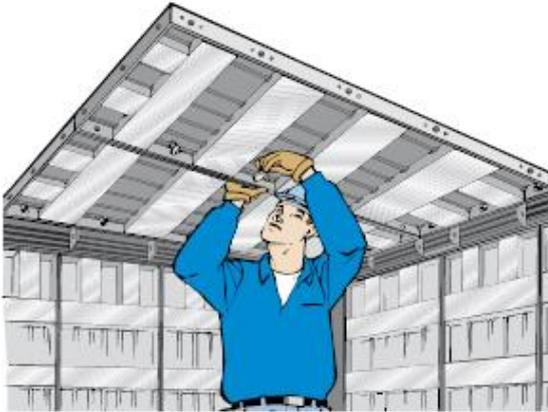
Fonte: Arízaga (2014).

O projeto de fôrma deve abordar o detalhamento dos seguintes itens: posicionamento dos painéis, equipamentos auxiliares, peças de travamento e prumo, escoramento e sequência de montagem e desmontagem (ABNT, 2012).

Britez et al. (2015) afirmam que após a desfôrma é necessário que as fôrmas sejam limpas e que todo o resíduo da concretagem anterior seja removido, de modo a evitar que impurezas aderidas à superfície das fôrmas fiquem impressas na superfície do elemento estrutural. Posteriormente, aplica-se o desmoldante nas mesmas, conforme as recomendações do fabricante e com atenção especial à quantidade aplicada, pois o excesso de desmoldante pode potencializar a ocorrência de manchas e bolhas superficiais nas paredes. Após a aplicação do desmoldante inicia-se a montagem.

A montagem das fôrmas deve iniciar pelos cantos da edificação, posicionando as fôrmas sobre a marcação das paredes. O travamento dos painéis é realizado com pinos, cunhas e amarrações, as quais recebem uma proteção que facilita sua retirada na desfôrma. Após a conclusão das fôrmas das paredes inicia-se a montagem das fôrmas da laje com o painel união parede-laje (Figura 12). A montagem ainda contempla a instalação do escoramento da laje e acessórios, como alinhadores e guarda-corpo (ANGEL, 2016; ABREU, 2016).

Figura 12 – Montagem dos painéis da laje



Fonte: Arízaga (2014).

Figura 13 – Escoramento da laje



Fonte: Dong (2016).

O travamento entre os painéis de lajes, assim como os painéis de paredes, é com pino e cunha. O posicionamento do escoramento da laje deve seguir recomendações do projeto.

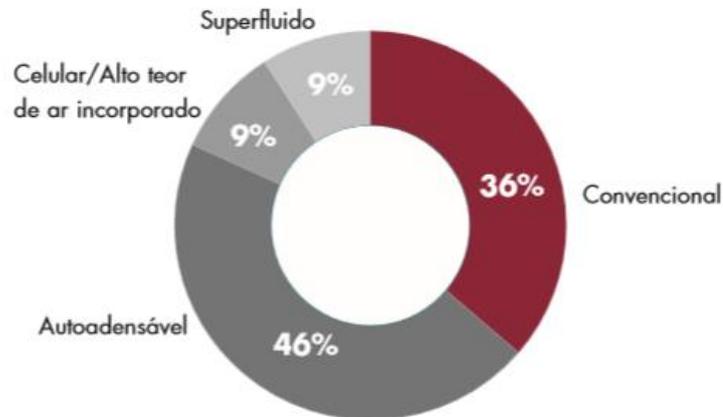
### 2.2.5 Etapa 5 - Concretagem

São apontados como cuidados preliminares da concretagem pela norma NBR 16055 (ABNT, 2012) a conferência das armaduras, fôrmas e escoramentos. No intuito de garantir a espessura das paredes e do cobrimento das armaduras, recomenda-se a utilização de gabaritos circulares, distribuídos de modo homogêneo e em quantidade suficiente pela região a concretar, no mínimo 5 espaçadores circulares por  $m^2$  (BRITTEZ et al., 2015).

A qualidade do painel da fôrma, o tipo de desmoldante utilizado e procedimento de lançamento do concreto são fatores influenciadores da estética das paredes de concreto (CII, 2006). Antes de iniciar o lançamento do concreto, deve-se conferir o documento de entrega do caminhão betoneira, certificando-se de que a descrição do material corresponde ao que foi solicitado, conferem-se também os dados da obra e o lacre da bica (ABCP, 2008).

A ABCP (2013) apresentou, em pesquisa realizada com 10 construtoras que atuam no segmento de construção com o sistema parede de concreto, que 46% das construtoras utilizam o concreto auto-adensável; 36% utilizam o concreto convencional; 9% utilizam o concreto com alto teor de ar incorporado; e os outros últimos 9% utilizam o concreto superfluido (Figura 14).

Figura 14 – Pesquisa referente aos tipos de concreto utilizados pelas construtoras



Fonte: ABCP (2013).

As características desejadas do concreto devem ser especificadas no projeto de estrutura. A ABCP (2008) recomenda que seja utilizado concreto com resistência final mínima de 20 MPa aos 28 dias. É comum a adição de fibra de polipropileno, na dosagem de  $0,6\text{kg/m}^3$ , para diminuir as fissuras por retração plástica e por variação térmica (ABREU; LORDSLEEM JR., 2017; ROSA FILHO et al., 2017).

Os autores Díaz et al. (2004) apresentam em sua pesquisa os tipos de concreto usados no sistema parede de concreto na Colômbia. Na região utilizam concretos diferentes para concretagem das paredes e para as lajes. É justificado que as necessidades e preocupações são diferentes para esses dois elementos (Quadro 1). Os autores afirmam que a diferenciação dos tipos de concreto para paredes e lajes se teve nos primeiros anos da década de 90, até então se utilizava o mesmo tipo de concreto.

Quadro 1 – Concretos utilizados na região da Colômbia

<b>Crítérios de Projeto</b>	<b>Paredes</b>	<b>Lajes</b>
Fluidez	Alta	Média
Tamanho máximo do agregado	Fina	Grossa
Resistencia inicial	Média	Alta
Tempo de pega	Acelerado	Acelerado
Resistência final	Mínimo de 21 MPa aos 28 dias	Mínimo de 21 MPa aos 28 dias
Risco de fissuração plástica precoce	Baixo	Alto

Fonte: Adaptado de Díaz et al. (2004).

Nas paredes preocupa-se principalmente com a fluidez e o tempo de pega do concreto devido à alta resistência inicial e ao bloqueio que existe no interior das paredes (8 a 12cm) por causa das instalações e reforços. Nas lajes a preocupação é com a resistência em idade precoce, sem perder de vista a fissuração plástica.

De acordo com ABCP (2010), deve-se utilizar bomba para o lançamento do concreto nas fôrmas, pela redução de tempo de operação, redução das perdas e garantia da trabalhabilidade do material. Arêas (2013) atenta a operação do mangote lançador de concreto, no caso de bomba estacionária, pois quando mal operado pode comprometer as instalações prediais, danificar a amarração entre telas de paredes e tetos e promover danos ao alinhamento do sistema de fôrmas (Figura 15).

Figura 15 – Concretagem no 3º pavimento com bomba lança



Fonte: Abreu (2016).

Durante a concretagem recomenda-se que sejam realizados impactos leves com uso de martelos de borracha externamente às fôrmas das paredes, com o intuito de minimizar o ar aprisionado e, conseqüentemente, reduzir as eventuais bolhas superficiais (BRITTEZ et al., 2015). Deve-se atentar ao uso de vibradores de imersão, pois podem danificar as fôrmas (ABCP, 2010).

### **2.2.6 Etapa 6 - Desfôrma**

A retirada das fôrmas e do escoramento deve ser feita sem choques, evitando o aparecimento de fissuras por ações mecânicas. Geralmente a desfôrma acontece a partir de 12 horas após a concretagem, uma grande vantagem do sistema em relação à produtividade (ROBINSON, 2011). A desfôrma inicia com a retirada dos pinos e cunhas. As fôrmas são retiradas em seguida

sem grandes esforços, movendo-as para fora. A Figura 16 representa a parede após a retirada dos painéis de paredes e travamento, restando ainda as amarrações a serem retiradas. A Figura 17 representa a retirada das amarrações.

Figura 16 – Parede após retirada das fôrmas



Fonte: Arízaga (2014).

Figura 17 – Retirada das amarrações



Fonte: Arízaga (2014).

Após a desfôrma, os painéis da fôrma são limpos e se inicia um novo ciclo de montagem. Deve-se atentar para a permanência do escoramento, conforme quantidade e período determinado em projeto (ABREU, 2016).

### 2.3 Vantagens e desvantagens do sistema

Samant (2014) lista as principais vantagens do sistema, são elas: compreende toda a estrutura do edifício; é personalizado para atender aos requisitos do projeto; velocidade na construção inigualável; acabamento de alta qualidade; custo efetivo; elevada reutilização da fôrma; e mão de obra não qualificada.

Jayasinghe e Fernando (2017) destacam como principal benefício do sistema parede de concreto a reutilização das fôrmas. O que é conhecido como vida útil da fôrma: quando de alumínio, o número de repetições garantidas pelos fabricantes é em torno de 300 vezes.

Thiyagarajan, Panneerselvam e Nagamani (2017) enfatizam a qualidade final do concreto dispensando algumas etapas da construção: na execução do sistema é dispensável o uso de equipamento para transporte das fôrmas, e os componentes do jogo de fôrmas são duráveis.

Asadi e Praneeth (2017) apresentam como desvantagens do sistema o alto investimento inicial; o custo elevado do jogo de fôrmas; nenhuma mudança nas fôrmas pode ser feita fora da fábrica; e, para pequenos empreendimentos com baixa repetitividade, o jogo de fôrmas de alumínio não é viável.

Rivankar e Chordiya (2017) citam como desvantagem a impossibilidade de modificações na habitação após executada. Como as paredes, além de serem executadas em concreto armado, são elementos estruturais da edificação, não é recomendado modificações e/ou demolições das paredes.

As fôrmas de alumínio apresentam como desvantagem o elevado número de componentes (acessórios) necessários para execução; o elevado custo para realização de reparos nas peças; devido ao valor as peças são mais prováveis de roubo; e, quando necessário armazenar o jogo de fôrmas, é necessário local amplo (THIYAGARAJAN; PANNEERSELVAM; NAGAMANI, 2017).

O capítulo seguinte aborda o tema de produtividade da mão de obra, apresentando os conceitos e modelos de estudo, especialmente o modelo estratificado adotado neste trabalho. Assim como apresenta indicadores de produtividade da mão de obra no sistema parede de concreto estudado por outros autores.

### 3 PRODUTIVIDADE DA MÃO DE OBRA

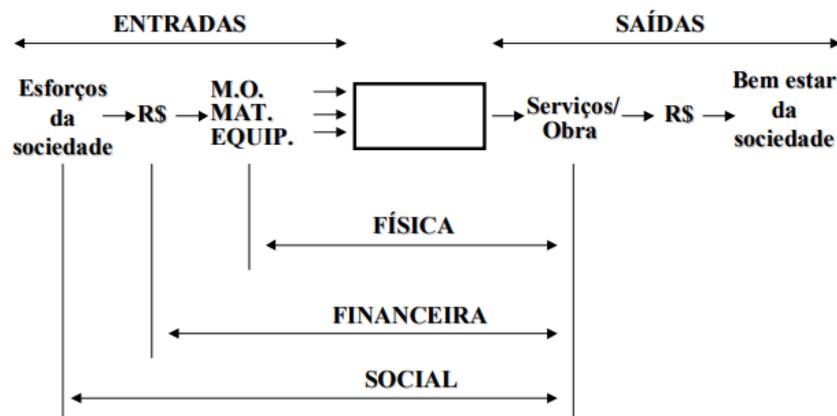
Este capítulo apresenta definições de produtividade da mão de obra, a mensuração dos indicadores, a importância de seu estudo para melhoria do processo, fatores influenciadores e indicadores do sistema parede de concreto disponível nas bibliografias sobre o assunto. Além disso, apresenta-se o modelo de estratificação adotado por este trabalho para estudo da produtividade da mão de obra.

#### 3.1 Definições

Segundo Jarkas e Bitar (2012), a palavra produtividade foi mencionada pela primeira vez em 1766 pelo economista francês Quesnay, e, passado mais do que um século, em 1883, outro economista francês Litre definiu a produtividade como sendo a faculdade para produzir.

Souza (1998) define a produtividade como a eficiência em se transformar entradas em saídas num processo construtivo. Mais tarde, Souza (2000) afirmou também que o estudo da produtividade pode ser feito com diferentes abordagens, a depender do tipo de entrada. Sendo assim, o estudo da produtividade pode ter os pontos de vistas: físico (mão de obra, materiais e equipamentos), financeiro (quantidade de dinheiro demandado) e social (esforços da sociedade), conforme apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Diferentes abrangências do estudo da produtividade.



Fonte: Souza (2000).

Em concordância com os autores supracitados, Oliveira (2014, p. 49) afirma que “a produtividade pode ser utilizada como índice para medição da eficiência da produção uma vez que relaciona a quantidade de recursos demandada para elaboração de um produto”. Sendo

assim, ao se minimizar os recursos demandados na elaboração do produto alcança-se maior eficiência do processo.

Para Souza (2006), a produtividade da mão de obra pode ser definida como a eficiência na transformação do esforço dos trabalhadores em produtos de construção (etapas da obra), sendo a produtividade da mão de obra um fenômeno complexo, que depende muito das condições de trabalho, da qualificação do trabalhador, do material disponível, do clima, motivação, supervisão e gerenciamento.

Esta dissertação tem o enfoque na produtividade da mão de obra para os serviços de montagem de armaduras, fôrmas e concretagem de paredes e lajes.

### 3.2 Indicadores de produtividade da mão de obra

A medida mais comum e reconhecida mundialmente para produtividade da mão de obra, também conhecida como desempenho do trabalho, é a taxa de entradas por saídas. Isto é, as horas de produção, necessárias para produção, e o que é produzido em um período finito de tempo, a denominação do indicador usada por muitos autores é *CLP – Construction Labor Productivity* (YI; CHAN, 2014; THOMAS, 2015).

Souza e Agopyan (1996) sugerem que seja usado o termo Razão Unitária de Produção (RUP). A Equação 1 representa o índice da RUP. No numerador tem-se a quantidade de trabalhadores (H) e as horas de trabalho referente ao período (h), e no denominador, a quantidade de serviço executado nesse período de trabalho.

$$RUP = \frac{Entradas}{Saídas} = \frac{Homens \times hora}{Quantidade de Serviço} \quad (1)$$

Como exemplo, para o serviço de concretagem a RUP é expressa em Homes-horas por m<sup>3</sup> (Hh/m<sup>3</sup>). Sendo assim, os menores valores de RUP, indicam melhor desempenho de produtividade (YI; CHAN, 2014).

Araújo e Souza (2001) defendem que a mensuração da produtividade da mão de obra poder ser feita considerando diferentes focos no período estudado e características do serviço, conforme a análise que se deseja fazer do serviço (Quadro 2).

Quadro 2 – Classificação das RUP

RUP diária	Produtividade da mão de obra (Hh) de um dia útil de serviço
RUP cíclica	Produtividade da mão de obra (Hh) para um ciclo, pode ser um apartamento, ou um pavimento, entre outros.
RUP cumulativa	Produtividade da mão de obra (Hh) de um período acumulado
RUP potencial	Produtividade calculada estatisticamente num período de coleta, representando uma produtividade passível de ser alcançada.

Fonte: Adaptado de Araújo e Souza (2001)

A RUP potencial é considerada representativa de um bom desempenho e factível de ser repetida muitas vezes na obra que esteja sendo avaliada. É definida, matematicamente, como a mediana das RUPs diárias cujos valores estejam abaixo do valor da RUP cumulativa ao final do período de estudo (ARAÚJO; SOUZA, 2001).

### 3.3 Importância da produtividade da mão de obra

A produtividade da mão de obra na construção está diretamente relacionada ao custo e ao cumprimento do cronograma. Somente quando há boa produtividade da mão de obra é que existe uma alta probabilidade de que tanto o custo quanto o cumprimento do cronograma sejam satisfatórios (THOMAS, 2015).

Em concordância, Chaturvedi, Thakkar e Shankar (2018) alegam que a melhoria da produtividade permite melhorias em relação ao tempo de construção, cronograma e desempenho do projeto. E ainda enfatizam a importância da produtividade em países em desenvolvimento, onde a maior parte da construção civil é ainda tradicional.

O *Construction Industry Institution* (CII, 2006) define a produtividade da mão de obra como um dos indicadores de desempenho mais utilizados para avaliar o sucesso de um projeto, pois é o recurso mais crucial e flexível usado em tais avaliações. Thomas (2015) afirma que muitos profissionais da construção civil acreditam que os custos e prazos de construção podem ser reduzidos em 15% ou mais. Para obter reduções significativas nos custos e melhorias na produtividade da mão de obra, um foco no gerenciamento de obras é importante.

Os custos com mão de obra são responsáveis por 30% a 60% do custo total do projeto, sendo assim, a produtividade da mão de obra interfere diretamente nos resultados finais dos projetos (GOMAR; HAAS; MORTON, 2002).

Zancul et al. (2014) apresentam os principais motivos para as empresas terem maior preocupação com a produtividade, são eles: os custos crescentes, impactando na margem de lucro; a carência da mão de obra especializada, que além de exercer pressão nos custos podem limitar o potencial de crescimento das empresas; e o aumento da complexidade dos negócios, muitas vezes aliado a restrição de recursos.

O estudo da produtividade da mão de obra também é justificado por Souza (1996) ao citar que a mão de obra é o recurso onde as maiores perdas são verificadas; várias atividades na construção civil são ditadas pelo seu ritmo; e ainda, a mão de obra é o recurso de, provavelmente, mais difícil controle.

Librais e Souza (2002) evidenciam a importância do entendimento e discussão da produtividade da mão de obra pela classificação no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional (PBQP-H), criado em 1998, tendo como objetivo geral “apoiar o esforço brasileiro de modernidade pela promoção da qualidade e produtividade do setor da construção habitacional, com vistas a aumentar a competitividade de bens e serviços por ele produzidos, estimulando projetos que melhorem a qualidade do setor”.

### **3.4 Fatores que influenciam a produtividade**

Neste item são apresentadas as classificações dos fatores que influenciam a produtividade da mão de obra, assim como estudos de referências que abordam os principais fatores.

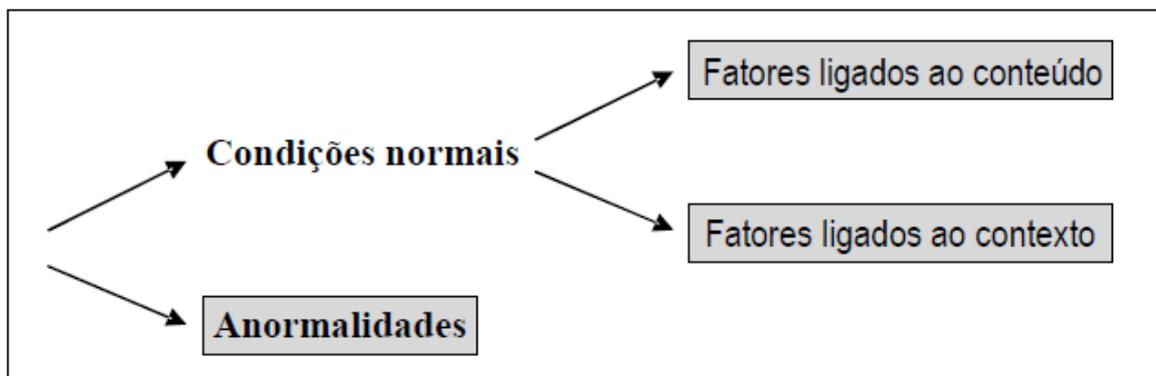
#### **3.4.1 Classificação**

Os fatores que afetam produtividade da mão de obra podem ser divididos em dois grandes grupos. O primeiro deles refere-se ao conteúdo do trabalho, que contempla o serviço a ser realizado, abrangendo os componentes físicos do serviço, as especificações exigidas para execução, os detalhes contidos em projeto, etc. Enquanto o segundo grupo está relacionado ao contexto de trabalho, ou seja, este grupo de fatores refere-se ao canteiro de obras, seu layout,

organização e gerenciamento, envolvendo também as condições atmosféricas, disponibilidade de materiais e equipamentos, sequência de trabalho, entre outros (THOMAS; SMITH, 1990; ARAÚJO, 2000).

Além dos dois grupos citados, Souza (2006) apresenta um terceiro grupo de fatores que seriam as anormalidades. Conforme o autor, os fatores referentes ao conteúdo do trabalho estão associados às características dos recursos transformados, enquanto os fatores de contexto estão atrelados aos recursos de transformação e às condições de contorno. Neste âmbito, as anormalidades aparecem representadas por afastamentos acentuados com relação às características do conteúdo e contexto habitualmente encontrados (Figura 19).

Figura 19 – Classificação dos fatores influenciadores



Fonte: Souza (2006).

Além da classificação dos fatores nos grupos de conteúdo e contexto, é possível encontrar na literatura várias outras classificações. Naoum (2016) apresenta em sua pesquisa uma revisão da literatura, a qual abrangeu o período de 1970 a 2014 e diferentes países. O autor apresenta os fatores influenciadores divididos em 5 categorias, são elas: atividades que antecedem a construção, como projetos, planejamento e escolha de métodos; atividades durante a construção, como gerenciamento de materiais e equipamentos no canteiro de obra; questões gerenciais e de liderança, relacionado a gestão dentro do canteiro; fatores motivacionais, o qual relaciona a satisfação e motivação do trabalhador; e fatores organizacionais, como por exemplo o investimento em tecnologias.

A seguir são apresentados alguns estudos de referência sobre os fatores influenciadores. É possível observar que os diferentes estudos não usam a mesma classificação para os fatores.

### 3.4.2 Estudos de referência

Arditi (1985) afirma que desde a década de 70 estudos de fatores influenciadores são realizados em diversos locais. O autor ressalta a importância da continuidade e repetitividade de tais estudos, pois a identificação de fatores que influenciam na mão de obra permite o direcionamento de esforços das empresas construtoras para melhoria do desempenho da produtividade e mitigação de tais fatores.

No Quadro 3 são apresentados os principais fatores identificados por diferentes autores, em vários anos e países. As pesquisas apresentadas foram realizadas com aplicação de questionários a profissionais da área nos países estudados.

Quadro 3 – Fatores influenciadores da produtividade

Autores	País	Fatores
Mojahed e Aghazadeh (2008)	EUA	Qualificação da mão de obra Gestão Planejamento Motivação
Rivas et al. (2011)	Chile	Materiais utilizados Ferramentas e maquinários Absentéismo
Soekiman et al. (2011)	Indonésia	Supervisão Materiais utilizados Planejamento Falhas de projeto
Shashank, Hazra e Pal (2014)	Índia	Motivação da mão de obra Qualificação da mão de obra Tecnologia empregada Gestão
Jarkas (2015)	Bahrein	Qualificação da mão de obra Planejamento Falta de supervisão Falhas de projeto
Hiyassat, Hiyari e Sweis (2016)	Jordânia	Planejamento Relacionamento trabalhadores/gestores Qualificação da mão de obra Tecnologia empregada Motivação

Fonte: Autora.

Pesquisas realizadas com observações *in loco* permitem a identificação de fatores ligados a execução do serviço dentro do canteiro de obras. Destacam-se as pesquisas dos autores Gong, Borcheding e Caldas (2011), Oliveira (2014) e Cabrera e Bocanegra (2016), os quais

apresentam resultados relacionados ao uso do tempo na execução das atividades e principais fatores que influenciam a produtividade.

Gong, Borcheding e Caldas (2011) apresentam dados de 98 obras, durante os anos de 1972 a 2009, no estado do Texas, EUA. Os autores afirmam que apenas 44% do tempo é despendido com o trabalho direto; 31% do tempo é despendido com atividades auxiliares, como transporte de materiais, deslocamento dos trabalhadores e instruções; e 25% do tempo é despendido com atividades improdutivas. A atividade denominada delay é considerada pelos autores como improdutiva e representa maior perda de tempo.

Oliveira (2014) apresenta pesquisa realizada no estado de São Paulo utilizando o modelo de estratificação para estudo da produtividade da mão de obra no serviço de revestimento de gesso. Os resultados foram 28% do tempo despendidos com atividades de apoio, como preparação do material, e 6% do tempo com atividades improdutivas. As atividades improdutivas representam ócio e necessidades humanas.

Cabrera e Bocanegra (2016), em pesquisa realizada na cidade de Bogotá, identificaram que 22% do tempo da mão de obra, que estava sob observação, era utilizado com atividades improdutivas para o serviço em questão. Os principais motivos para perda de tempo, e consequentemente, inibição da produtividade foram: esperas, deslocamento, ócio, descanso e condições climáticas.

### **3.5 Indicadores de produtividade para o sistema parede de concreto**

Indicadores de produtividade da mão de obra para o sistema parede de concreto, mesmo sendo utilizado em muitos países, ainda é restrito na literatura internacional. As pesquisas dos autores Arízaga (2014), Melo et al. (2014), Angel (2016) e Damião et al. (2016) são utilizadas como referências por esta dissertação. A Tabela 3 apresenta os indicadores obtidos pelos autores.

Arízaga (2014) apresenta pesquisa realizada no distrito de Miraflores – Peru, a qual apresenta comparativo do sistema parede de concreto com o sistema convencional. O autor apresenta detalhadamente cada etapa do sistema parede de concreto na obra estudada, a equipe envolvida, o tempo despendido e a quantidade de serviço executado.

Melo et al. (2014) apresentam em sua pesquisa indicadores para o sistema obtidos através de coletas em duas obras na cidade de Salvador – BA. A primeira obra compreende a empreendimento com duas torres residenciais de 14 e 15 pavimentos, sendo 8 apartamentos por pavimento. A segunda obra trata-se de empreendimento com 90 blocos com 5 pavimentos cada, sendo 4 apartamentos por pavimento. Na Tabela 3 os indicadores de RUP cumulativa são apresentados separadamente das duas obras.

Angel (2016) apresenta pesquisa realizada na cidade de Machala - Equador, a qual também apresenta comparativo do sistema parede de concreto com o sistema convencional. O autor apresenta detalhadamente cada etapa do sistema parede de concreto na obra estudada, a equipe envolvida, o tempo despendido e a quantidade de serviço executado.

Damião et al. (2016) apresentaram pesquisa com comparativo entre uso de estrutura convencional e estrutura em paredes de concreto. Para os indicadores de produtividade de parede de concreto os autores coletaram dados em obra de empreendimento residencial com 4 pavimentos, sendo 4 apartamentos por pavimento.

Tabela 3 – Indicadores RUP cumulativa para os serviços

<b>RUP cum</b> <b>Autores</b>	<b>Armação</b> <b>(Hh/Kg)</b>	<b>Fôrma</b> <b>(Hh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Concretagem</b> <b>(Hh/m<sup>3</sup>)</b>
Arízaga (2014)	0,169	0,509	4,430
Melo et al. (2014)	0,036	0,704	1,261
	0,072	0,504	0,227
Angel (2016)	0,038	0,126	1,436
Damião et al. (2016)	0,041	0,686	1,495

Fonte: Autora.

Diante dos valores apresentados, percebe-se que para a RUP do serviço de montagem de armaduras, os valores variaram entre 0,036 e 0,169 Hh/Kg; apesar da grande diferença entre o maior e o menor indicador, a predominância são valores abaixo de 0,072 Hh/kg. Para o serviço de montagem de fôrmas, os valores variam entre 0,126 e 0,704 Hh/m<sup>2</sup>. O menor valor apresentado por Angel (2016) representa discrepância quando comparados com os demais autores, os quais apresentam valores semelhantes.

Os valores para RUP de concretagem variaram entre 0,227 e 4,43 Hh/m<sup>3</sup>. Pode-se considerar o valor de 0,227 Hh/m<sup>3</sup>, apresentado por Melo et al. (2014), baixo quando comparado com os indicadores dos demais autores.

Os valores apresentados pelos autores citados são usados em comparação com os indicadores calculados por esta dissertação no capítulo 5.

### **3.6 Modelo de estratificação para análise da produtividade da mão de obra**

Esta dissertação utiliza o modelo de estratificação da produtividade fundamentado em pesquisa realizada em conjunto pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). O modelo foi embasado no Modelo dos Fatores, idealizados pelos autores Thomas e Yiakoumis (1987), que representa a melhor ferramenta atualmente disponível para estudar os fatores influenciadores da produtividade (OLIVEIRA, 2014).

O modelo desenvolvido pelas universidades UFRJ e UERJ nasceu do questionamento do autor Thomas (2010) sobre a dificuldade de se recuperar perdas da mão de obra. Esse questionamento conduziu a um outro questionamento: porque a perda da produtividade não é mitigada na sua origem? O modelo foi chamado inicialmente de Modelo de Gerenciamento da Produtividade (GEPOP), incentivado e implantado pioneiramente na principal empresa de petróleo e gás do Brasil (ARAÚJO; CARVALHO FILHO; TELLES, 2013).

Martins (2013), Lucariny (2013), Oliveira (2014) e Corsini (2016) realizaram pesquisas utilizando o GEPOP, o qual passou a ser chamado pelos autores como modelo de estratificação.

Para que se possam ter parâmetros para gerenciar a produtividade da mão de obra é importante medir não só a produtividade geral de um serviço, mas conhecer como o tempo é utilizado durante sua realização. O modelo de estratificação considera as horas disponíveis de trabalho e as diversas atividades realizadas pela mão de obra, sabendo-se que dentre as atividades realizadas durante o dia, não são todas que correspondem ao serviço de fato. Essas atividades podem ser atividades auxiliares ao serviço (por exemplo, o transporte de aço) ou atividades improdutivas, como, por exemplo, espera por material (ARAÚJO; SAMPAIO, 2012).

O modelo busca identificar o tempo despendido com as atividades produtivas, improdutivas e auxiliares para a execução do serviço e identificar os principais fatores que inibem a produtividade. Para aplicação do modelo é importante a padronização das atividades realizadas durante sua execução, as quais são separadas em níveis de ocupações (ID1, ID2, ..., IDn), constituindo uma árvore hierárquica de atividades (ARAÚJO; SAMPAIO, 2012). O primeiro nível de ocupação (ID1), que deve ser respeitado, é composto por 7 classes de atividades, são elas:

- Apoio – qualquer atividade que sirva de apoio à atividade principal;
- Exigências do canteiro– atividades de exigências e permissões específicas da empresa construtora;
- Deslocamentos - tempo gasto em deslocações dentro do canteiro de obras sem contabilizar o transporte de materiais à mão de obra;
- Paralisação – paradas do trabalhador, os motivos podem ser vários como: ócio, necessidades humanas, falta de matéria (falta e não espera por transporte), clima, liberação de frente e outros;
- Mobilização – transporte de materiais e equipamentos;
- Delay: espera por alguma atividade necessária e inevitável para execução do serviço;
- Trabalho direto – todos os esforços feitos pela mão de obra no intuito de executar a atividade ou serviço para a qual foram destacados no canteiro de obras.

As atividades classificadas como apoio, exigências do canteiro, descolamento e mobilização são auxiliares à execução do serviço propriamente dito. Atividades classificadas como paralisação são improdutivas e provocam prejuízos a RUP.

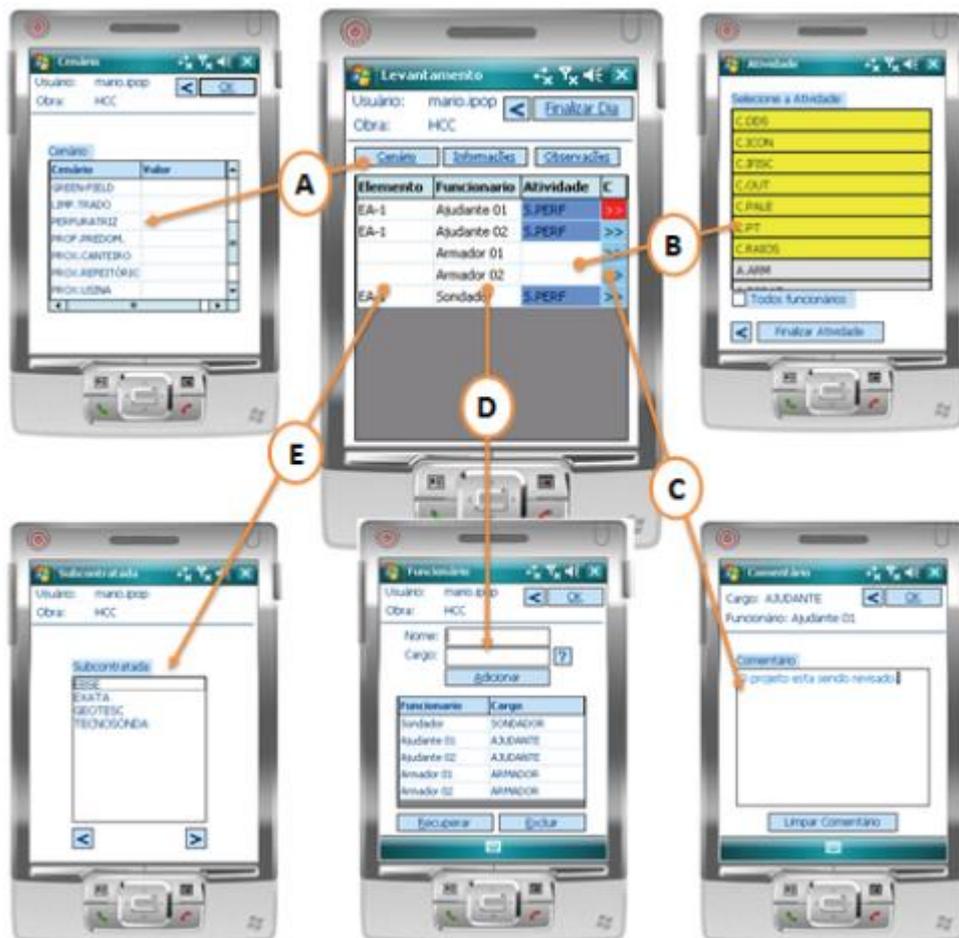
Araújo e Sampaio (2012) afirmam também que o segundo nível de atividades (ID2) sofre um detalhamento relativo ao primeiro. Assim sendo, este ganha algumas características particulares que dependem da atividade executada. Este detalhamento pode ser feito até se atingir a atividade final, que é aquela que apresenta mais detalhe daquilo que a mão de obra executa. As diferentes características dos projetos têm grande influência na definição do segundo nível de atividades, fazendo com que este método seja polivalente, ao ponto de ser aplicado em vários tipos de obra.

Após a definição da árvore hierárquica é realizada a medição em campo, medindo o tempo despendido em cada subatividade. Esse processo requer um esforço muito grande por parte de quem está fazendo a medição, pois exige uma dedicação exclusiva da pessoa durante vários dias (ARAÚJO; SAMPAIO, 2012).

A medição em campo, coleta de dados, é auxiliada de um programa informático denominado de PRODCAT. Desenvolvido pelos profissionais envolvidos na criação do modelo com o objetivo da rápida troca de informações. Este elemento pode ser operado através de PDA'S (*personal digital assistant*) ou outros aparelhos que usem operadores Windows (ARAÚJO; SAMPAIO, 2012).

Este *software* tem como principal objetivo recolher as informações referentes às atividades executadas permitindo uma boa análise da produtividade. Na Figura 20 é apresentada um exemplo deste software num PDA, mostrando as várias opções de inserção de informação.

Figura 20 – Tela principal do PRODCAT

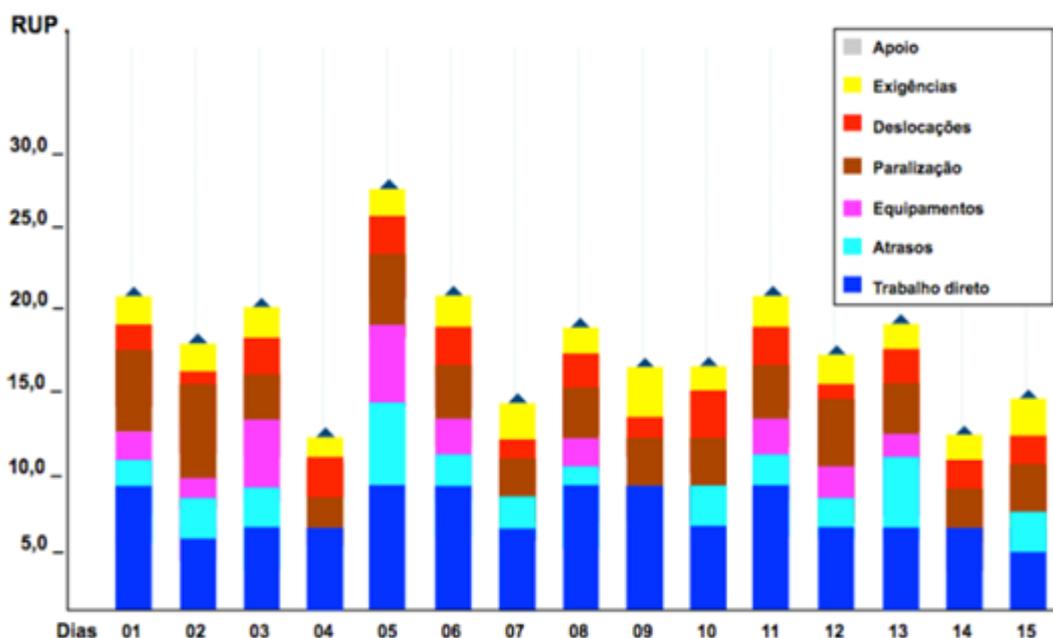


Fonte: Araújo e Sampaio (2012).

Observa-se na Figura 20, a possibilidade de inserção de diferentes dados no *software*: no detalhe A são introduzidos os fatores de conteúdo e de contexto; no detalhe B é selecionada a atividade executada pelo trabalhador; no detalhe C é possível a introdução de comentários que o observador considere relevantes; no D são registadas informações acerca do funcionário; finalmente, no detalhe E são introduzidas informações acerca da empresa.

No final do dia do trabalho todas as informações recolhidas pelo observador são armazenadas em sistema com o *upload* do arquivo gerado. Em seguida são elaborados gráficos que expliquem melhor como está distribuído o tempo de cada atividade. Com os dados detalhados por vários dias, consegue-se quantificar as horas que realmente são dedicadas ao trabalho direto e também as horas que são consideradas improdutivas (Figura 21). É importante os registros de ocorrências inesperadas (anormalidades) ao longo do dia de coleta para que discrepâncias possam ser justificadas.

Figura 21 – Exemplo de representação gráfica da produtividade diária no nível ID1



Fonte: Martins (2013).

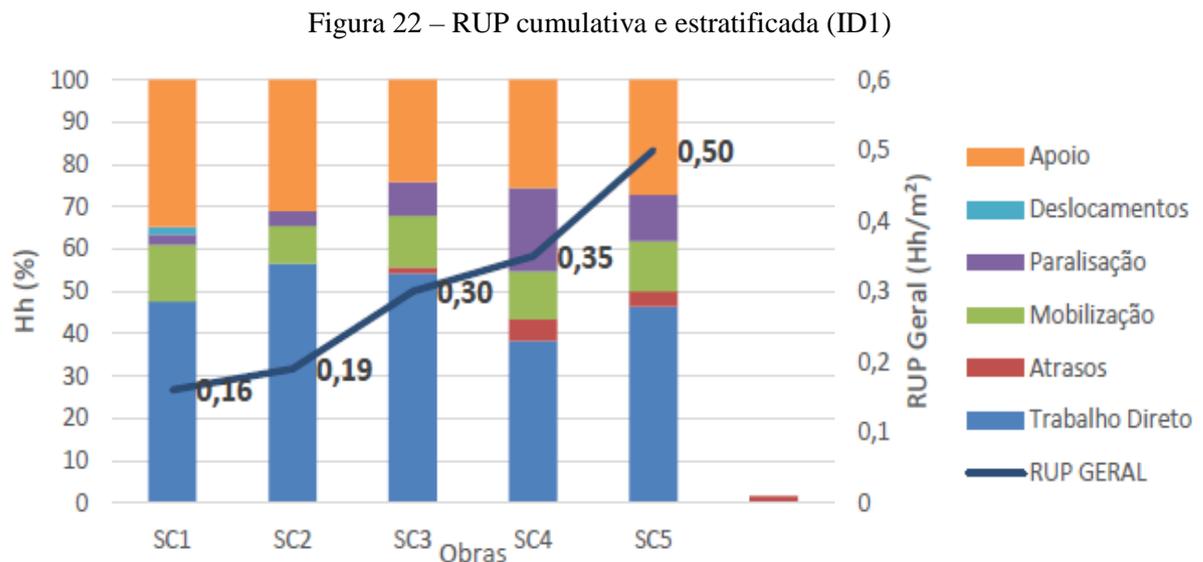
A Figura 21 permite afirmar que, além da variação da RUP global para cada dia de coleta, tem-se também a variação da RUP por ocupação, o nível ID1.

### 3.6.1 Exemplo de aplicação do modelo de estratificação

Oliveira (2014) realizou pesquisa utilizando o modelo de estratificação na execução de revestimento de gesso em pasta. O estudo foi feito em cinco edifícios com tipologias

construtivas diferentes (SC1 a SC5) no estado de São Paulo, e os dados foram coletados ao longo de 53 dias úteis.

Entre os dados analisados, foi realizado um resumo com os resultados de cada uma das obras, conforme mostra a Figura 22. Os valores das colunas de cada obra apresentam de maneira estratificada o uso do tempo em cada uma das atividades no nível ID1. Tem-se também a linha da RUP Cumulativa obtida, valores destacados.



Fonte: Oliveira (2014).

Como se pode observar, por meio da estratificação da produtividade é possível visualizar quais os níveis de atividades consumiram maior tempo dos trabalhadores.

As atividades classificadas como trabalho direto é a que representa efetivamente a execução da tarefa. Atividades de apoio, deslocamentos e mobilização são atividades auxiliares, e, portanto, necessárias à execução do serviço. Apesar disso, precisam se tornar mais eficientes para consumir o menor tempo possível.

Por fim, as atividades de paralisação e atrasos são atividades improdutivas e deve-se tentar eliminá-las na obra. Pode-se ver que as obras que tiveram atrasos e paralisações maiores (SC3, SC4 e SC5) também tiveram uma RUP cumulativa maior, ou seja, são obras com uma produtividade pior do que as obras SC1 e SC2.

Portanto, observa-se que a medição de produtividade utilizando o modelo de estratificação representa um avanço sobre a medição de produtividade com foco apenas no dia de trabalho.

Além disso, a estratificação respeita as premissas do Modelo dos Fatores elaborado por Thomas e Yiakoumis (1987) e facilita a sua interpretação, tornando possível a aplicação de medidas que melhorem a produtividade da mão de obra muito mais rápida e precisa.

### 3.6.2 *Vantagens e desvantagens*

Segundo Martins (2013), as maiores vantagens do modelo de estratificação são:

- Estratificação da produtividade em frações quantificáveis de cada uma das atividades determinadas previamente;
- Identificar os fatores que influenciam na produtividade e apontar o seu tratamento;
- Mostrar o impacto das atividades não produtivas na RUP, auxiliando nas decisões de ações mitigadoras;
- Identificar a responsabilidade pelas atividades não produtivas, ajudando na identificação dos problemas da obra, possibilitando ações mais rápidas e eficientes.

Como desvantagem destaca-se que o esforço exigido para a coleta dessas informações ainda é muito grande. No Modelo dos Fatores, em uma coleta diária, gasta-se pouco tempo no início e final de cada dia de trabalho para a obtenção dos dados. No modelo estratificado exige-se a dedicação integral durante o dia de serviço.

O próximo capítulo apresenta a metodologia utilizada por esta dissertação, para estudo da produtividade da mão de obra.

## **4 METODOLOGIA**

Este capítulo caracteriza o método utilizado e as etapas da pesquisa, a padronização da coleta de dados e o processamento dos dados de produtividade da mão de obra no sistema parede de concreto, nas etapas de montagem de armadura, montagem de fôrma e concretagem de paredes e lajes, considerando o modelo de estratificação da produtividade.

### **4.1 Caracterização da pesquisa**

Nesta dissertação o método de pesquisa utilizado foi o estudo de múltiplos casos, o que permite maior abrangência do estudo, comparação entre os casos e a replicação (YIN, 2005). A coleta de dados no local fornece subsídio para realização do estudo de caso, que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, permitindo o seu amplo e detalhado conhecimento (GIL, 2010).

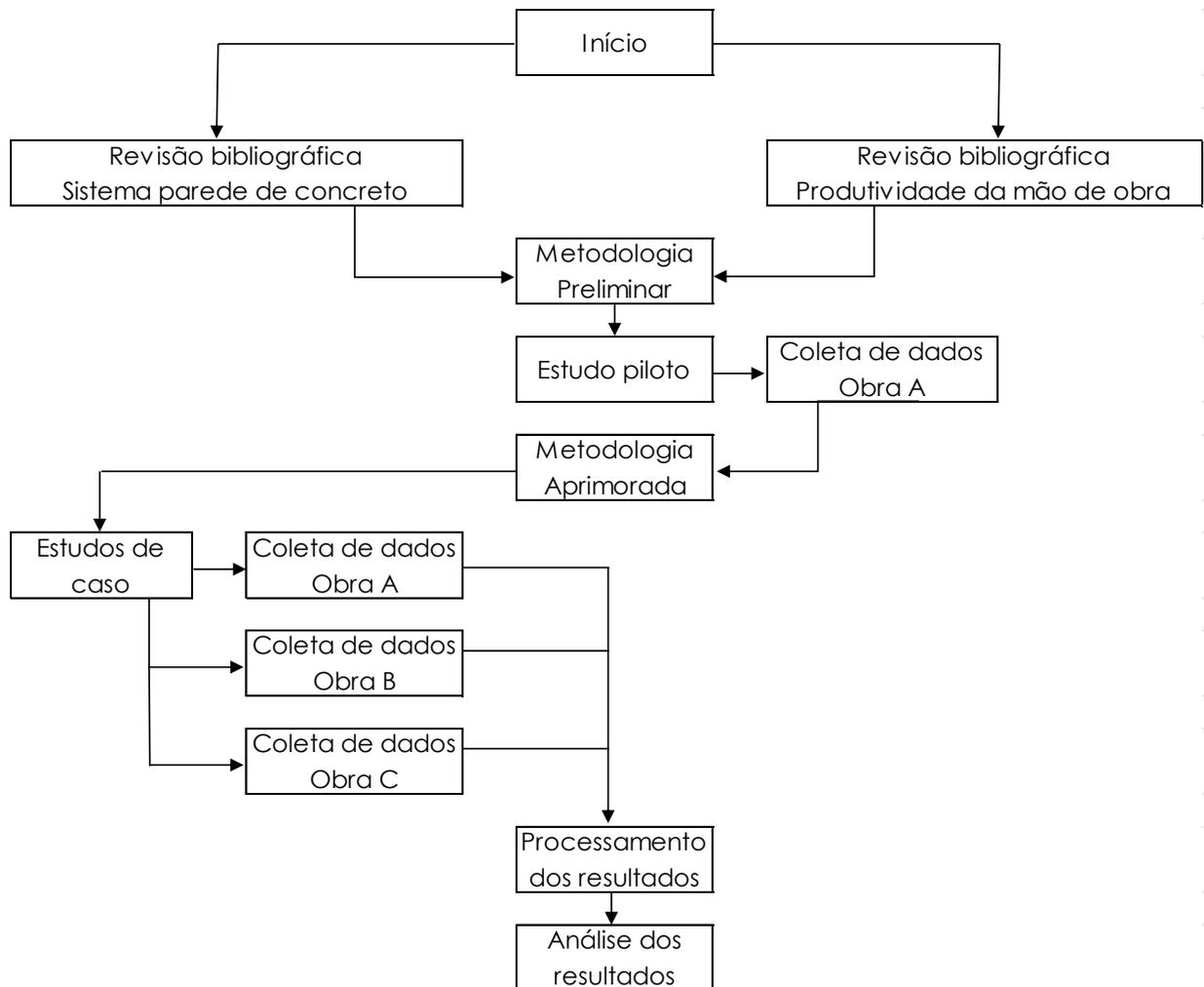
Este trabalho corresponde a uma pesquisa aplicada, sobre a produtividade estratificada da mão de obra, identificando os principais fatores que inibem a produtividade e quantificação do uso do tempo com diferentes atividades durante a execução dos serviços, no sistema parede de concreto.

### **4.2 Fases da pesquisa**

Para o desenvolvimento desta pesquisa e consecução dos objetivos propostos foram estabelecidas as fases apresentadas no fluxograma da Figura 23.

Inicialmente realizou-se a revisão bibliográfica sobre o sistema parede de concreto e sobre produtividade da mão de obra através de consultas: em livros, artigos periódicos nacionais e internacionais, dissertações, teses e outras fontes. Com a revisão dos elementos fundamentais desta pesquisa, um modelo preliminar foi desenhado e aplicado em estudo piloto, na obra A. O estudo piloto teve como propósito aprimorar a metodologia, principalmente a definição dos níveis de ocupação, árvore hierárquica, de cada etapa estudada no sistema parede de concreto.

Figura 23 – Fluxograma com fases da pesquisa



Fonte: Autora.

A partir do método aprimorado foram coletados dados em três obras na Região Metropolitana do Recife. Ao total foram realizadas 55 coletas de dados, o Quadro 4 resume como foram divididas por etapas do sistema e por obra visitada. Cada coleta corresponde a um dia útil de serviço observado.

Quadro 4 – Quantidade de coletas por etapa do sistema

Obra \ Serviço	Montagem de armaduras	Montagem de Fôrmas	Concretagem
Obra A	8 coletas	6 coletas	6 coletas
Obra B	5 coletas	6 coletas	6 coletas
Obra C	6 coletas	6 coletas	6 coletas

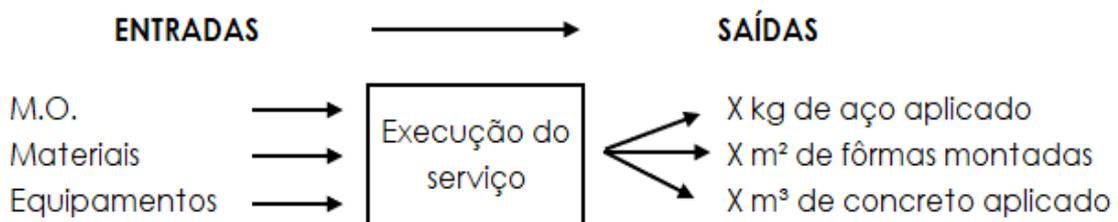
Fonte: Autora.

Os dados coletados em obras foram processados em resultados de RUP's estratificadas, as quais foram analisadas e comparadas permitindo as conclusões finais desta pesquisa. A seguir apresenta-se a padronização e procedimento utilizado na coleta de dados.

### 4.3 Padronização da coleta de dados

Segundo Souza (1996), apesar de, na maioria das vezes, as definições sobre como medir a produtividade representarem uma razão entre entradas e saídas do serviço que se deseja avaliar, pode haver variações quanto a sua abrangência, ao que se mede como entradas e saídas e à constituição da razão entre entradas e saídas, entre outros. A Figura 24 representa o processo de entradas e saídas para etapas estudadas.

Figura 24 – Processo de entradas e saídas



Fonte: Autora.

Esta pesquisa se destaca das demais que estudaram a produtividade da mão de obra no sistema parede de concreto, como exemplo os autores Melo et al. (2014) e Damião et al. (2016), por utilizar o modelo de estratificação proposto pelos autores Araújo e Sampaio (2012), apresentado no item 3.6 desta dissertação. O modelo considera que durante a execução do serviço a mão de obra pode realizar diferentes atividades, as quais podem ser classificadas dentro de uma árvore hierárquica de ocupações. Esta classificação compõe-se de categorias gerais, tendo-se para cada uma, outro conjunto de atividades mais específicas, de forma a obter o maior acompanhamento produtivo do serviço.

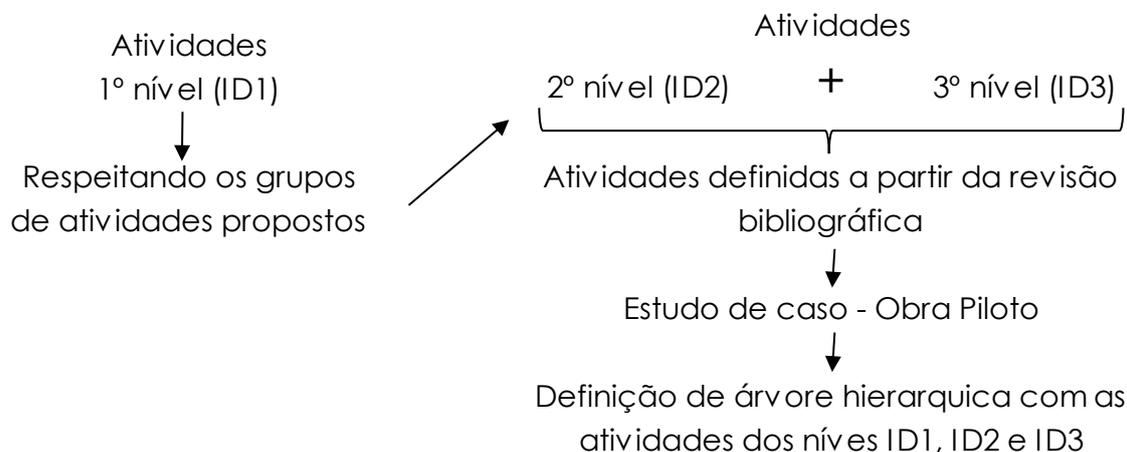
Para padronização, esta pesquisa respeitou a estrutura analítica de ocupações de atividades propostas pelos autores Araújo e Sampaio (2012) no que diz respeito ao primeiro nível, apresentadas a seguir:

- Apoio: foram consideradas as atividades que auxiliam e/ou servem de apoio para execução do serviço;

- Exigências do canteiro: são atividades de exigências e permissões específicas da empresa construtora;
- Deslocamento: os deslocamentos dos trabalhadores dentro do canteiro de obras;
- Paralisação: todos os momentos em que o trabalhador paralisa as atividades, os motivos podem ser vários como: ócio, necessidades humanas, falta de matéria (falta e não espera por transporte), clima, liberação de frente e outros;
- Mobilização: o transporte de materiais e ferramentas necessárias para execução do serviço;
- Delay: espera por alguma atividade necessária e inevitável para execução do serviço;
- Trabalho direto: execução do serviço propriamente dito.

As atividades relacionadas ao segundo e terceiro níveis foram adaptadas para o sistema parede de concreto, nas etapas de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem. A Figura 25 representa o processo para definição da árvore hierárquica com as atividades de cada etapa. O estudo de caso em obra piloto foi fundamental para aperfeiçoamento das atividades do 2º e 3º níveis (ID2 e ID3).

Figura 25 – Processo para definição da árvore hierárquica



Fonte: Autora.

Para cada etapa é apresentada a árvore hierárquica com os níveis de ocupação das atividades. Para cada nível de ocupação são utilizadas siglas para facilitar a representação dos resultados em gráficos. O Quadro 5 apresenta a árvore hierárquica de ocupações para a etapa de montagem de armadura.

Quadro 5 – Árvore hierárquica para a montagem de armadura

ID 1	Sigla	ID 2	ID 3	Sigla	Explicação ID2/ID3
Apoio	AP	Separação aço	-	APSP	Separação de aço para aplicação, transporte ou corte
		Organização	-	APOR	Organização/limpeza da área
Exigências do canteiro	EC	Segurança do trabalho	Diálogo periódico	ECDP	Diálogo diário e/ou semanal de segurança do trabalho
			EPI	ECEP	Troca de EPI
Deslocamento	DE	Início ou final de uma tarefa	-	DETA	Deslocamentos associados ao início ou final de uma tarefa
		Refeição (ida e volta)	-	DERE	Deslocamentos associados ao horário de refeição (ida e volta)
		Final de jornada de trabalho	-	DEFT	Deslocamentos associados ao final de jornada de trabalho
Paralisação	PA	Liberação de frente	Tarefa	PADT	Parado aguardando distribuição e/ou orientação de tarefas
			Liberação de frente	PALF	Parado aguardando liberação de frente
		Apoio MO	-	PAMO	Parado aguardando pessoal para apoio necessário
		Falta aço	-	PAAR	Parado por falta de aço
		Equipamento	Problemas/Manutenção	PAPM	Problemas com equipamentos/maquinário (reparos, abastecimento)
			Aguardando	PAAM	Aguardando equipamento para transporte
		Descarregamento de material	-	PADM	Aguardando descarregamento de material na área de trabalho
		Clima	-	PACR	Parado por incidência e/ou aproximação de chuvas e/ou raios
		Necessidades humanas	Humanas	PANH	Necessidades humanas como ir ao banheiro, beber água
			Lanche	PALH	Lanche fora do horário

Fonte: Autora.

Quadro 5 – Árvore hierárquica para a montagem de armadura (continuação)

ID 1	Sigla	ID 2	ID 3	Sigla	Explicação ID2/ID3
Paralisação	PA	Ócio	Conversa	PACO	Conversa com outros colaboradores
			Parado	PAOO	Colaborador parado sem motivo aparente
Mobilização	MO	Material	Aço laje	MOTL	Buscar telas e barras para local de aplicação - laje
			Aço parede	MOTP	Buscar telas e barras para local de aplicação - paredes
			Aço canteiro	MOTC	Transporte de telas e barras dentro do canteiro
		Ferramentas	Furadeira	MOFF	Transporte de furadeira, para uso quando necessário
			Tesoura	MOFT	Transporte de tesoura para corte de telas
Delay	DY	Transporte vertical	Barras e telas	DYTA	Aguardando transporte vertical de aço
			Tesouras/ferramentas	DYFT	Aguardando transporte vertical de ferramentas
		Outros	-	DYOU	Quando o funcionário deve aguardar alguma outra atividade ou acontecimento relacionado ao serviço, inevitável.
Trabalho direto	TD	Montagem de armaduras	Corte e dobra	TDCD	Corte e dobra de telas e barras, podendo ser realizado previamente a montagem
			Paredes	TDAP	Montagem de armaduras das paredes
			Lajes	TDAL	Montagem de armaduras das lajes

Fonte: Autora.

O Quadro 6 representa a árvore hierárquica para etapa de montagem de fôrmas.

Quadro 6 – Árvore hierárquica para a montagem de fôrma

ID 1	Sigla	ID 2	ID 3	Sigla	Explicação ID2/ID3
Apoio	AP	Reparo nas fôrmas	-	APRF	Reparo nas fôrmas, quando necessário
		Organização	-	APOR	Organização/limpeza da área
Exigências do canteiro	EC	Segurança do trabalho	Diálogo periódico	ECDP	Diálogo diário e/ou semanal de segurança do trabalho
			EPI	ECEP	Troca de EPI
Deslocamento	DE	Início ou final de uma tarefa	-	DETA	Deslocamentos associados ao início ou final de uma tarefa
		Refeição (ida e volta)	-	DERE	Deslocamentos associados ao horário de refeição (ida e volta)
		Final de jornada de trabalho	-	DEFT	Deslocamentos associados ao final de jornada de trabalho
Paralisação	PA	Liberação de frente	Tarefa	PADT	Parado aguardando distribuição e/ou orientação de tarefas
			Liberação de frente	PALF	Parado aguardando liberação de frente
		Apoio MO	-	PAMO	Parado aguardando pessoal para apoio necessário
		Equipamento	Problemas/Manutenção	PAPM	Problemas com equipamentos/maquinário (reparos, abastecimento)
			Aguardando	PAAM	Aguardando equipamento para transporte
		Descarregamento de material	-	PADM	Aguardando descarregamento de material na área de trabalho
		Clima	-	PACR	Parado por incidência e/ou aproximação de chuvas e/ou raios
		Necessidades humanas	Humanas	PANH	Necessidades humanas como ir ao banheiro, beber água
Lanche	PALH		Lanche fora do horário		

Fonte: Autora.

Quadro 6 – Árvore hierárquica para a montagem de fôrma (continuação)

ID 1	Sigla	ID 2	ID 3	Sigla	Explicação ID2/ID3
Paralisação	PA	Ócio	Conversa	PACO	Conversa com outros colaboradores
			Parado	PAOO	Colaborador parado sem motivo aparente
Mobilização	MO	Material	Fôrmas	MOMF	Buscar fôrma fora do local de trabalho
			Acessórios/travamento	MOMA	Buscar acessórios fora do local de trabalho
			Escoramento	MOME	Buscar escoramentos fora do local de trabalho
			Desmoldante	MOMD	Buscar desmoldante fora do local de trabalho
		Ferramentas	Furadeira	MOFF	Transporte de furadeira, para uso quando necessário
			Tesoura	MOFT	Transporte de tesoura, para corte de barras e/ou tela que atrapalhem o posicionamento de faquetas
Delay	DY	Transporte vertical	Painel de fôrma	DYFO	Aguardando transporte vertical de fôrmas
			Peças para travamento	DYAS	Aguardando transporte vertical de acessórios
		Outros	-	DYOU	Quando o funcionário deve aguardar alguma outra atividade ou acontecimento relacionado ao serviço, inevitável.
Trabalho direto	TD	Fôrma	Desfôrma	TDDS	Desfôrma dos painéis do ciclo anterior
			Montagem das fôrmas paredes	TDFP	Montagem de fôrmas paredes
			Montagem das fôrmas lajes	TDFL	Montagem de fôrmas lajes
		Guarda-corpo	-	TDGC	Montagem de guarda corpo

Fonte: Autora.

Na etapa de montagem de fôrmas foi considerado como mobilização, somente quando estas estiverem fora do local de montagem, pois faz parte do trabalho direto a desfôrma do ciclo anterior e aplicação no ciclo em execução, sendo sempre percorrida uma curta distância com os painéis que foram desformados para o local de aplicação na atividade de trabalho direto.

O Quadro 7 apresenta a árvore hierárquica para a etapa de concretagem.

Quadro 7 – Árvore hierárquica para concretagem

ID 1	Sigla	ID 2	ID 3	Sigla	Explicação ID2/ID3
Apoio	AP	Espaçadores	-	APES	Aplicação de espaçadores
		Organização	-	APOR	Organização/limpeza da área
Exigências do canteiro	EC	Segurança do trabalho	Diálogo periódico	ECDP	Diálogo diário e/ou semanal de segurança do trabalho
			EPI	ECEP	Troca de EPI
Deslocamento	DE	Início ou final de uma tarefa	-	DETA	Deslocamentos associados ao início ou final de uma tarefa
		Refeição (ida e volta)	-	DERE	Deslocamentos associados ao horário de refeição (ida e volta)
		Final de jornada de trabalho	-	DEFT	Deslocamentos associados ao final de jornada de trabalho
Paralisação	PA	Liberação de frente	Tarefa	PADT	Parado aguardando distribuição e/ou orientação de tarefas
			Liberação de frente	PALF	Parado aguardando liberação de frente
		Apoio MO	-	PAMO	Parado aguardando pessoal para apoio necessário
		Falta concreto	-	PADS	Parado por falta de concreto
		Equipamento	Problemas/Manutenção	PAPM	Problemas com equipamentos/maquinário (reparos, abastecimento)
			Aguardando	PAAM	Aguardando equipamento para transporte
		Descarregamento de material	-	PADM	Aguardando descarregamento de material na área de trabalho
		Clima	-	PACR	Parado por incidência e/ou aproximação de chuvas e/ou raios
		Necessidades humanas	Humanas	PANH	Necessidades humanas como ir ao banheiro, beber água
			Lanche	PALH	Lanche fora do horário

Fonte: Autora.

Quadro 7 – Árvore hierárquica para concretagem (continuação)

ID 1	Sigla	ID 2	ID 3	Sigla	Explicação ID2/ID3
Paralisação	PA	Ócio	Conversa	PACO	Conversa com outros colaboradores
			Parado	PAOO	Colaborador parado sem motivo aparente
Mobilização	MO	Material	Gorda	MOGO	Buscar telas e barras para local de aplicação - laje
		Ferramentas	Furadeira	MOFF	Transporte de furadeira, para uso quando necessário
			Régua	MOFR	Transporte de régua e ferramentas para acabamento na laje
Delay	DY	Preparação caminhão	-	DYPC	Aguardando preparação caminhão (slump e aditivos)
		Gorda	-	DYGO	Aguardando preparação da gorda, para iniciar bombeamento
		Outros	-	DYOU	Quando o funcionário deve aguardar alguma outra atividade ou acontecimento relacionado ao serviço, inevitável.
Trabalho direto	TD	Concretagem	Paredes /lajes	TDCP	Concretagem das paredes e lajes
			Sarrafeamento	TDSF	Sarrafeamento das lajes
			Finalização	TDCF	Finalização da concretagem

Fonte: Autora.

A definição das árvores hierárquicas aponta todas as atividades que são acompanhadas durante a execução do serviço.

### 4.3.1 Coletas de dados: entradas

As coletas de dados ocorreram com observações diretas em tempo integral durante a execução dos serviços de montagem de armadura, montagem de fôrmas e concretagem, para o sistema parede de concreto. Para coleta não foi utilizado o PRODCAT, programa apresentado no item 3.6 desta dissertação, a mesma foi realizada manualmente registrando os dados num formulário (Apêndice A).

Os dados de entrada, homem-hora (Hh), foram obtidos diariamente, anotando-se o início e término de cada atividade desenvolvida pelos trabalhadores da equipe de execução, de acordo com as atividades definidas pela árvore hierárquica de cada etapa, no formulário. A equipe observada foi aquela envolvida diretamente com a execução das atividades, denominada de equipe direta. A Figura 26 apresenta trecho de coletas de dados realizada na obra A, para exemplificar a coleta de dados de entradas.

Figura 26 – Exemplo de coleta dos tempos

COLETA DE DADOS							
OBRA	OBRA A						
DATA	09/03/2018						
SERVIÇO:	ARMAÇÃO						
CICLO/PAVIMENTO:	CICLO 2/3º PAVIMENTO						
CONDIÇÕES DO CLIMA		<del>BOM - SOL</del>			NUBLADO	CHUVA FRACA	
TEMPO		EQUIPE				ID	OBSERVAÇÕES
INÍCIO	FIM	PEDREIRO	MONTADOR	ARMADOR	SERVENTE		
7:00	7:15			3	2	ECDP	
7:15	7:37			1		PAOO	
7:15	7:37			1		TDCD	
7:20	7:40				2	MOTP	
7:25	7:31				1	PANH	
...							
14:09	14:50				1	TDAL	
14:38	14:42			3	2	DETA	
14:50	14:57				1	APOR	
...							

Fonte: Autora.

O exemplo da Figura 26 retrata como a coleta era realizada. Foram coletados os tempos de cada trabalhador despendidos com as atividades, e não necessariamente toda equipe simultaneamente, exceto quando toda equipe realizava a mesma atividade.

Em ambas as obras estudadas o intervalo de almoço era de 11:45, horário permitido para se deslocar ao refeitório, às 13:00h, término do intervalo de almoço. Sendo a coleta paralisada às 11:45h e retomada às 13:00h, exceto quando a equipe envolvida na execução não paralisava as atividades no horário previsto.

As coletas para etapas de montagem de fôrmas, armação e concretagem ocorreram em dias diferentes, exemplo: no dia em que se observou a montagem de fôrmas não se observou outros serviços além deste, pois a dedicação foi integral ao serviço.

#### 4.3.2 Coleta de dados: saídas

As saídas consideradas são as quantidades de serviços (QS) executados em cada dia de coleta. No Quadro 8 são apresentados os critérios utilizados para obtenção das saídas.

Quadro 8 – Critérios para QS

Etapa	Critérios
Montagem de armaduras	Aço total aplicado em quilogramas (Kg): Peso das telas usadas em paredes e lajes + Peso das barras usadas para reforços e elementos de ligação  *Informação obtida nos projetos estruturais
Montagem das fôrmas	Área total dos painéis aplicados (m <sup>2</sup> ): Painéis dos dois lados da parede, internos e externos + Painéis de laje  *Não foi considerado o serviço de fôrmas para escada.  **Informação obtida nos projetos de fôrmas
Concretagem	Volume total recebido para concretagem (m <sup>3</sup> )  *Informação obtida pelas notas fiscais dos caminhões betoneira

Fonte: Autora.

As informações foram coletadas nas próprias obras, através dos projetos fornecidos. Não foi considerado a execução do sistema parede de concreto para área da escada, por tratar-se, em ambas as obras estudadas, de equipe diferente das demais.

#### 4.4 Processamento dos dados

Para processamento da produtividade da mão de obra utilizou-se o conceito básico de RUP definido por Souza e Agopyan (1996) e apresentado no item 3.2 desta dissertação, o qual, associado ao modelo de estratificação, permite o cálculo da RUP estratificada para os níveis de atividade de ocupação, como apresentam as Equações 2 a 8, para o nível ID1:

$$RUP_{Apoio} = \frac{Homens - hora_{AP}}{QS} \quad (2)$$

$$RUP_{Exigências\ canteiro} = \frac{Homens - hora_{EC}}{QS} \quad (3)$$

$$RUP_{Deslocamento} = \frac{Homens - hora_{DE}}{QS} \quad (4)$$

$$RUP_{Paralisação} = \frac{Homens - hora_{PA}}{QS} \quad (5)$$

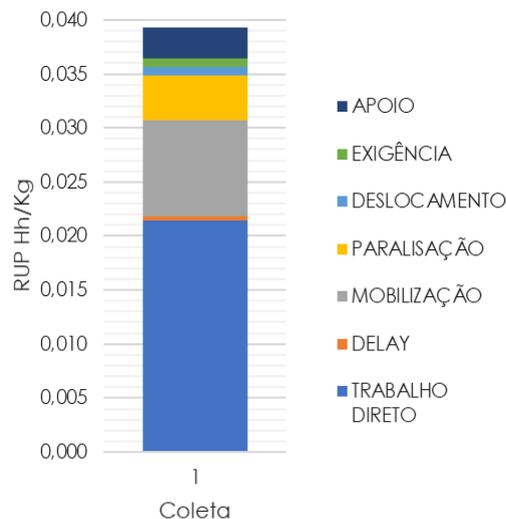
$$RUP_{Mobilização} = \frac{Homens - hora_{MO}}{QS} \quad (6)$$

$$RUP_{Delay} = \frac{Homens - hora_{DY}}{QS} \quad (7)$$

$$RUP_{Trabalho\ direto} = \frac{Homens - hora_{TD}}{QS} \quad (8)$$

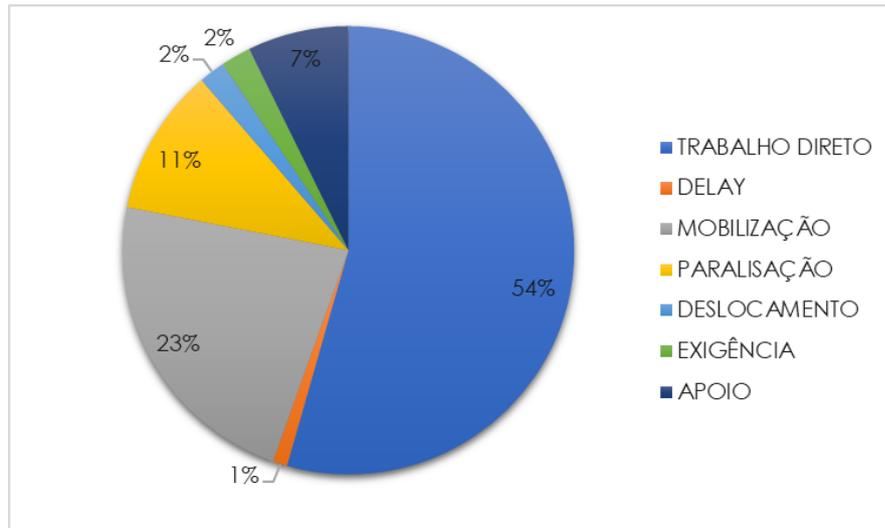
A RUP diária corresponde a soma das RUP's no nível ID1, sendo possível a identificação da representatividade de cada atividade ocupacional. As RUP's diárias calculadas são apresentadas graficamente como no exemplo da Figura 27, e a representatividade percentual de cada atividade é apresentada como no exemplo da Figura 28.

Figura 27 – Exemplo de RUP estratificada: nível ID1



Fonte: Autora.

Figura 28 – Exemplo de representatividade percentual das atividades: nível ID1



Fonte: Autora.

Da mesma maneira que se calcula as RUP's para o nível ID1 pode-se calcular para os níveis ID2 e ID3. A representação gráfica dos indicadores obtidos permite melhor análise e identificação dos fatores que inibem a produtividade da mão de obra.

O próximo capítulo apresenta os estudos de caso, caracterizando as obras estudadas, os dados coletados e análise dos resultados obtidos.

## 5 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta o estudo de múltiplos casos, caracterizando as obras e os serviços estudados, os indicadores calculados de RUP sem e com estratificação. Os resultados são apresentados separadamente por etapa de serviço, montagem de fôrmas, montagem de armaduras e concretagem.

### 5.1 Caracterização das obras e serviços

Foram coletados dados em três obras na Região Metropolitana do Recife, que são chamadas nesta dissertação por obra A, B e C para preservar as identidades das construtoras. A seguir são apresentadas as principais características das obras e dos serviços estudados.

#### 5.1.1 *Obra A*

O objeto de estudo trata-se de empreendimento residencial inserido no programa MCMV do Governo Federal. O Quadro 9 apresenta características do empreendimento.

Quadro 9 - Características Obra A

Características do empreendimento	21 blocos Térreo + 3 pavimentos 4 Apartamentos por pavimento
Área do pavimento	197,92 m <sup>2</sup>
Período de construção	nov/2016 a dez/2018
Período de coleta de dados	Fevereiro e março/2018

Fonte: Autora.

Os apartamentos eram compostos por dois quartos, sala, cozinha e banheiro reversível. Os apartamentos do térreo contemplam área de terraço. As características específicas dos serviços de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem de paredes e lajes são apresentadas a seguir.

### 5.1.1.1 Montagem de armaduras

A equipe responsável pela montagem de armaduras era composta por 4 armadores e 3 serventes, além do encarregado. Para o cálculo das RUP's o encarregado não foi considerado, pois o mesmo não realizava o serviço diretamente. Na obra utilizava-se telas soldadas do tipo Q92 nas paredes e Q92 e T138 nas lajes, os reforços das paredes eram com barras de aço de 8mm.

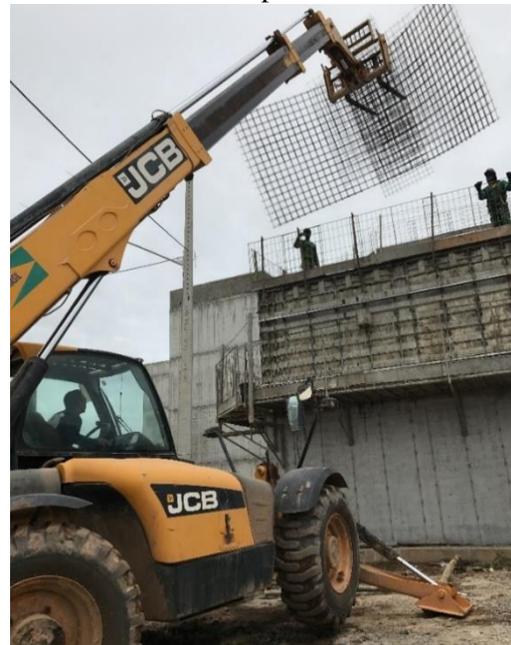
O aço utilizado na montagem era comprado em barras retas, cortado e dobrado na obra para produção dos reforços. As telas eram cortadas conforme projeto para montagem das paredes e laje, e dobradas quando para posição específica de encontro de paredes, conforme Figura 29, o que garantia o encontro no vértice de duas paredes.

O transporte do aço dentro do canteiro de obra era realizado com o auxílio de manipulador (Figura 30), salvo dias em que o equipamento não estava disponível ou estava quebrado; nesses dias o transporte foi manual e com uso de corda, quando vertical.

Figura 29 – Representação de dobra de tela



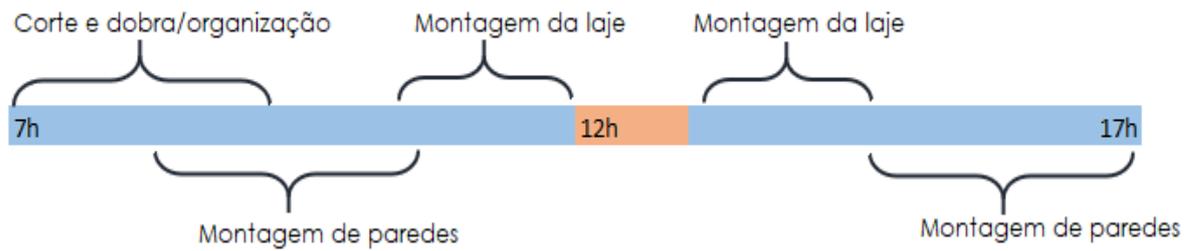
Figura 30 – Transporte de telas para a laje com o manipulador



Fonte: A autora.

As atividades realizadas ao longo de um dia de serviço podem ser generalizadas conforme a Figura 31.

Figura 31 – Atividades realizadas ao longo do dia pela equipe de armação



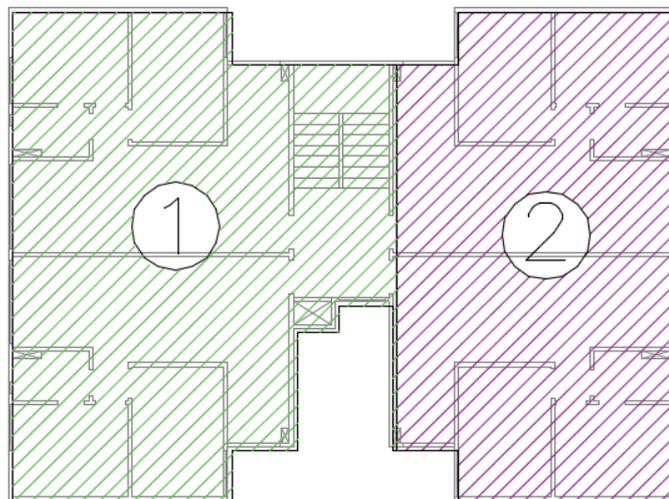
Fonte: Autora.

Durante um dia as atividades realizadas se resumiam ao corte e dobra necessários para o dia; a montagem de armaduras das paredes, para o ciclo do dia seguinte; e a montagem de armaduras da laje, que seria concretada no mesmo dia. Em ordem cronológica, a equipe iniciava o dia montando as paredes. Assim que a montagem das fôrmas era concluída (liberando a laje), a equipe de armação iniciava a montagem da laje. Caso neste momento ainda não tivessem concluído a montagem das paredes, ao final da montagem da laje eles retornavam para concluir a armação das paredes para ciclo do dia seguinte.

#### 5.1.1.2 Montagem de fôrmas

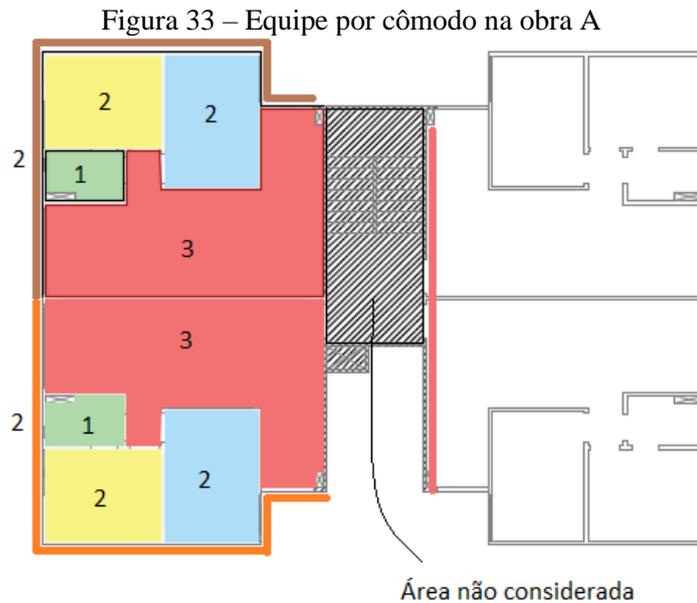
A obra utilizou, para execução do sistema parede de concreto, fôrmas de alumínio, do fabricante SH, as quais compreendiam a área de dois apartamentos e do hall com as escadas. A execução de tal área é chamada de ciclo. Na obra eram executados ciclos diários, a Figura 32 representa a divisão dos mesmos.

Figura 32 – Ciclos de execução na obra A



Fonte: Autora.

A equipe responsável pela montagem das fôrmas era constituída por 20 montadores (profissionais), sem considerar os montadores envolvidos na área compreendida pelo hall e escadas, não observadas durante a coleta de dados. A divisão da equipe era por cômodo, como apresentado na Figura 33, o número em cada cômodo representa a quantidade de montadores responsáveis pela área.



Fonte: Autora.

Na Figura 33 observa-se que cada quarto era montado por 2 montadores; nos banheiros, 1 montador em cada; no cômodo da sala e cozinha era montado por 3 montadores e na área externa eram 4 montadores, sendo 2 para cada metade da área, totalizando 20 montadores.

Para realização do ciclo diário era necessário que, no início da tarde, a equipe de armação iniciasse a montagem da laje para que a concretagem fosse liberada em seguida, ainda no período da tarde. Sendo assim, a equipe de montagem de fôrmas tinha o horário de término do serviço próximo ao meio dia, ressalvo dias de anormalidades. Na obra existia um acordo entre a construtora e a equipe de fôrma, ao término da montagem das fôrmas a equipe era dispensada.

A equipe iniciava o dia com a desfôrma do ciclo anterior, atividade que não teve como ter o tempo aferido separadamente, pois os painéis eram retirados e levados ao local de montagem do ciclo atual aleatoriamente, ou seja, os montadores não realizavam toda a desfôrma para iniciarem a montagem, eles desformavam e montavam por partes. Sendo assim, esta pesquisa considerou a desfôrma do ciclo anterior como atividade do trabalho direto.

Outro detalhe que deve ser esclarecido era o transporte do painel desformado para o local de aplicação (ciclo atual), que também foi considerado como atividade do trabalho direto, e não mobilização, por tratar-se de uma curta distância, aproximadamente 20 metros. Foi considerado como mobilização, o transporte de fôrmas fora do local de trabalho. As Figuras 34 e 35 retratam a montagem das fôrmas em diferentes horários de um mesmo dia.

Figura 34 – Montagem de fôrmas das paredes



Fonte: Autora.

Figura 35 – Montagem de fôrmas da laje



Fonte: Autora.

A Figura 34 retrata a montagem das fôrmas das paredes e a Figura 35, as fôrmas das paredes que estão concluídas e os painéis da laje que estão sendo aplicados. Após a montagem da fôrma ser concluída, montava-se o guarda-corpo para liberação da laje para etapa de montagem de armaduras. A montagem do guarda-corpo era realizada pelos montadores, ao término da montagem das fôrmas, e foi considerado como trabalho direto.

#### 5.1.1.3 Concretagem de paredes e lajes

A concretagem de paredes e lajes ocorriam com o uso de bomba lança. O concreto utilizado era usinado com resistência aos 28 dias de 25 MPa, e o resultado do ensaio de determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone (slump test) de  $22\pm 3$  cm era aditivado com plastificante e fibra de polipropileno ( $0,6 \text{ kg/m}^3$ ), ambos adicionados no caminhão betoneira em sua chegada à obra.

Embora o concreto utilizado na obra não atendesse aos requisitos da NBR 15823 (ABNT, 2017) para ser classificado como auto-adensável, a obra não utilizava vibrador de imersão. Para

garantir melhor adensamento do concreto, durante a concretagem parte da equipe responsável pelo serviço ficava com martelos de borrachas dando batidas nas fôrmas das paredes.

A equipe responsável pelo serviço era dividida entre os que trabalhavam na laje, com o lançamento do concreto e sarrafeamento da laje, e os que ficavam abaixo da laje, com o martelo de borracha batendo nas fôrmas. Na laje trabalhavam 2 serventes e 1 pedreiro, e abaixo trabalhavam 2 serventes, totalizando uma equipe de 4 serventes e 1 pedreiro.

### 5.1.2 *Obra B*

A Obra B também está inserida no programa MCMV do Governo Federal, na Região Metropolitana do Recife. O Quadro 10 apresenta características do empreendimento.

Quadro 10 - Características Obra B

Características do empreendimento	4 blocos Térreo + 7 pavimentos 8 Apartamentos por pavimento 1 elevador por bloco
Área do pavimento	448,03 m <sup>2</sup>
Período de coleta de dados	Maio e junho/2018

Fonte: A autora.

Os apartamentos eram compostos por dois quartos, sala, cozinha, banheiro e varanda. As características específicas dos serviços de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem de paredes e lajes são apresentadas a seguir.

#### 5.1.2.1 *Montagem de armaduras*

A atividade de montagem de armaduras na obra B era realizada por equipe composta no total por 3 armadores e 5 serventes. Durante o período de coleta houve dias em que a equipe envolvida na execução do sistema parede de concreto esteve incompleta devido à execução de outro serviço (não observado). A coleta de dados considerou a equipe envolvida diariamente com a montagem de armaduras, no sistema.

O aço da obra era comprado cortado e dobrado, as barras eram compradas com as dimensões e dobras especificadas em projetos. Na obra realizava-se os cortes das telas para montagem das paredes e lajes, assim como a dobra nas telas, para posição de encontro de paredes. Utilizava-se tela soldada do tipo Q138 para armação das paredes e os tipos Q92, L138 e T138 para armação da laje, os reforços das paredes eram com barras de 8mm (Figura 36).

A Figura 37 representa as telas de encontro de paredes posicionadas no pavimento. A equipe iniciava a montagem das paredes posicionando as telas de encontro de paredes nos vértices dos encontros, identificados na marcação das paredes.

Figura 36 – Reforços paredes na obra B



Fonte: A autora.

Figura 37 – Tela para encontro de paredes



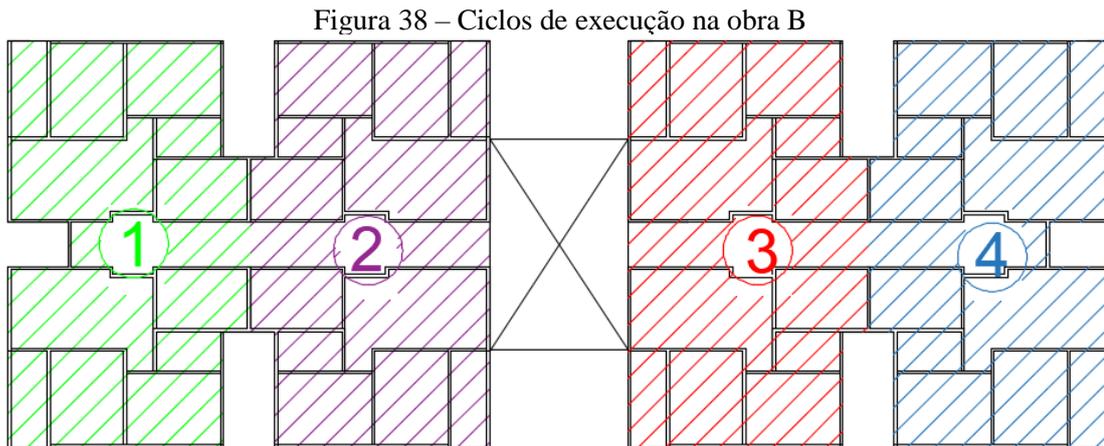
Fonte: A autora.

A sequência de atividades ao longo do dia na obra B era semelhante a obra A, tendo como diferença a ausência de corte e dobra de barras, por comprar os reforços prontos. A equipe diariamente tinha que montar as paredes do ciclo posterior e montar a laje, quando liberada pela equipe da fôrma, para concretagem no mesmo dia.

O transporte do aço também era realizado com o auxílio de manipulador, ressalvo dias de anormalidades ou nos pavimentos mais altos, nos quais o transporte vertical era com auxílio de guindaste ou manual (corda).

### 5.1.2.2 Montagem de fôrmas

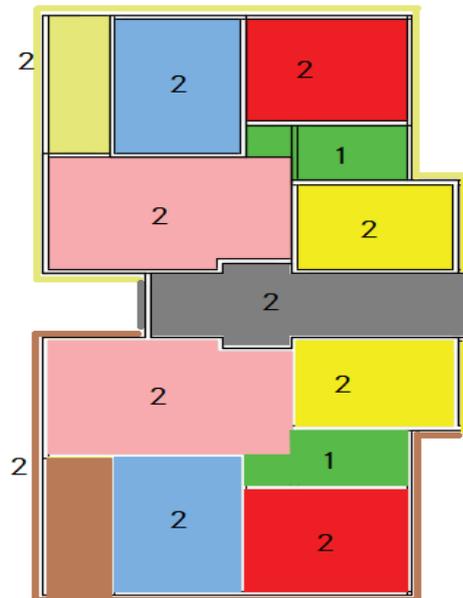
A obra utilizou para execução do sistema parede de concreto fôrma de alumínio, do fabricante SH, a qual compreendia a área de dois apartamentos e do corredor. No total eram quatro ciclos por pavimento, e a execução dos ciclos era diária. A Figura 38 representa a divisão dos ciclos, a área entre o ciclo 2 e 3 compreende ao hall e a escada, não observados por esta pesquisa.



Fonte: A autora.

A montagem de fôrmas era realizada por uma equipe constituída por 24 montadores, excluindo equipe responsável pelo hall e escadas. A equipe também era dividida por cômodo (Figura 39).

Figura 39 – Equipe por cômodo na obra B



Fonte: A autora.

Na Figura 39 observa-se a divisão da equipe por cômodo. Cada quarto era montado por 2 montadores; no banheiro, 1 montador em cada; no cômodo da sala, 2 montadores em cada; a

cozinha era montada por 3 montadores; a área externa eram 4 montadores, sendo 2 para cada metade da área; e 2 montadores para o corredor, totalizando 24 montadores.

Assim como na Obra A, as atividades de desfôrma e transporte entre área de dois ciclos subsequentes são consideradas no nível de ocupação de trabalho direto. As fôrmas que eram desformadas eram limpas e recebiam aplicação de desmoldante para serem montadas no ciclo seguinte. A Figura 40 representa o transporte de painéis entre o ciclo 1 (desformado) e ciclo 2 (início de montagem), e a Figura 41 representa a aplicação de desmoldante.

Figura 40 – Transporte de painéis entre ciclos



Fonte: A autora.

Figura 41 – Aplicação de desmoldante



Fonte: A autora.

A equipe de montagem de fôrmas concluía o serviço próximo ao início da tarde, liberando a área para a equipe de armação e, posteriormente, para a concretagem. Os montadores, ao término da montagem das fôrmas, eram direcionados para outros serviços. Durante o período de coleta realizaram atividades como montagem de fôrmas na platibanda e proteções de periferia. Esta pesquisa acompanhou a realização da montagem de fôrmas no sistema parede de concreto, não acompanhando a realização de outros serviços.

### 5.1.2.3 Concretagem de paredes e lajes

Para concretagem das paredes e lajes era utilizado concreto usinado, bombeado por bomba lança, com resistência aos 28 dias de 25 MPa e resultado do slump test de  $22\pm 3$  cm, aditivado

com plastificante e fibra de polipropileno ( $0,6 \text{ kg/m}^3$ ), ambos adicionados no caminhão betoneira em sua chegada à obra.

Durante a concretagem era utilizado vibrador de imersão apenas na laje. Para garantir o adensamento do concreto nas paredes eram aplicados golpes com martelos de borracha nas fôrmas. A equipe envolvida no serviço de concretagem era composta por 8 serventes, sendo 3 serventes com o martelo de borracha, 2 serventes para a vibração da laje, 1 servente no lançamento do concreto e 2 serventes no acabamento (sarrafeamento).

A Figura 42 representa o servente aplicando golpes com o martelo de borracha na fôrma, a equipe responsável por tal atividade sabia reconhecer pelo ruído onde o concreto estava sendo lançado. Dessa maneira, os golpes eram aplicados concomitante ao lançamento do concreto. A Figura 43 representa início da concretagem, com o posicionamento da bomba lança.

Figura 42 – Batidas com martelo de borracha

Figura 43 – Concretagem com bomba lança



Fonte: A autora.

### 5.1.3 Obra C

A Obra C também está inserida no programa MCMV do Governo Federal, na Região Metropolitana do Recife. O Quadro 11 apresenta características do empreendimento.

Quadro 11 - Características Obra C

Características do empreendimento	18 blocos Térreo + 7 pavimentos 4 Apartamentos por pavimento 1 elevador por bloco
Área do pavimento	288,21 m <sup>2</sup>
Período de coleta de dados	outubro/2018

Fonte: A autora.

Os apartamentos eram compostos por três quartos, sendo um suíte, sala, cozinha, dois banheiros e varanda. As características específicas dos serviços acompanhados são apresentadas a seguir.

#### 5.1.3.1 Montagem de armaduras

A atividade de montagem de armaduras na obra C era realizada por equipe composta no total por 5 armadores e 1 servente, tinha também o líder da equipe que nem sempre fazia parte da execução do serviço, pois participava de outras atividades no canteiro. Nos momentos em que o mesmo estava envolvido com a execução do serviço observado ele era considerado no levantamento. A coleta de dados considerou a equipe envolvida diariamente com a montagem de armaduras, no sistema parede de concreto.

O aço da obra era comprado em barras retas e telas soldadas, o corte e dobra necessário para produção dos reforços e o corte das telas era realizado pela equipe no próprio canteiro. Utilizavam-se telas soldadas dos tipos Q92 e Q138 para armação das paredes e dos tipos Q92 e T138 para armação da laje. Os reforços das paredes eram com barras de 8mm e 10mm.

Na obra a equipe se dividia em dois grupos: os que ficavam fixos na pré-montagem, 3 armadores, e os que ficavam no pavimento com a aplicação do aço e telas das paredes e lajes, 2 armadores e 1 servente. A equipe de pré-montagem era responsável pelo corte e dobra dos reforços, cortes necessários das telas, e uma pré-montagem dos painéis de paredes, onde cortavam os vãos para esquadrias nas telas e aplicavam os reforços. Ficando para equipe de aplicação, no pavimento, apenas o posicionamento dos painéis e fixação. A Figura 44 representa

a execução da estrutura bloco, e na sua frente painéis de telas sob o radier, os quais estavam sendo pré-montados.

Figura 44 – Montagem de fôrmas e armaduras Obra C



Fonte: Autora

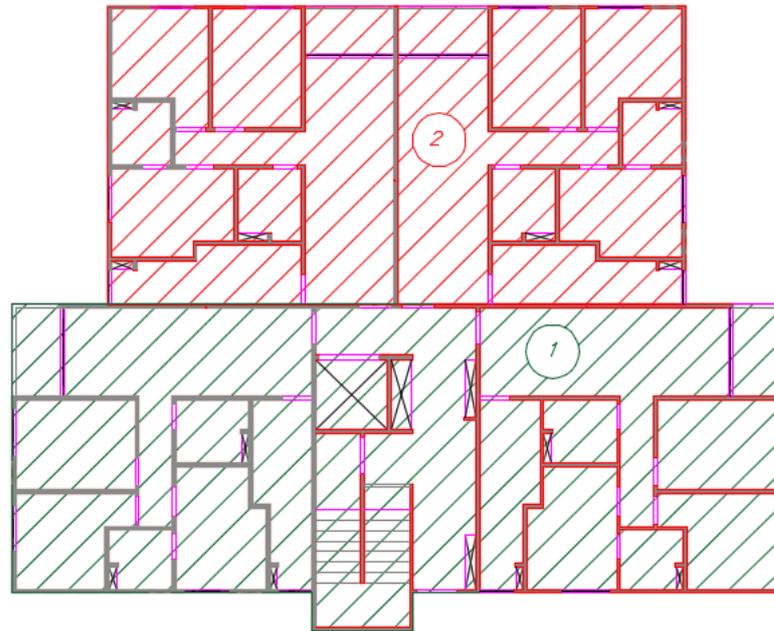
A sequência de atividades ao longo do dia na obra C era semelhante as demais obras apresentadas neste trabalho. A equipe diariamente tinha que montar as paredes do ciclo posterior e montar a laje, quando liberada pela equipe da fôrma, para concretagem no mesmo dia. O transporte do aço era realizado com o auxílio de guindaste (devido altura final do bloco), o qual ficava à disposição da equipe de montagem de fôrmas e armaduras.

#### 5.1.3.2 *Montagem de fôrmas*

A obra utilizou para execução do sistema parede de concreto fôrma de alumínio, do fabricante FORSA, a qual compreendia a área de dois apartamentos e do corredor. A execução de tal área é chamada de ciclo, e na obra sua execução era diária. No total eram dois ciclos por pavimento, a Figura 45 representa a divisão dos ciclos.

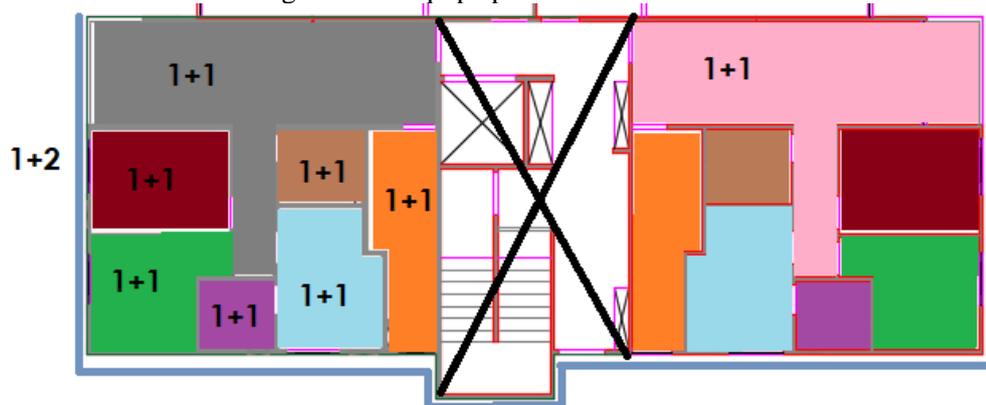
A montagem de fôrmas era realizada por uma equipe constituída por 19 funcionários, sendo 9 carpinteiros e 10 serventes, excluindo equipe responsável pelo hall e escadas. Na obra C, a equipe também era dividida por cômodo, sendo que algumas duplas montavam dois cômodos como representa a Figura 46.

Figura 45 – Ciclos de execução na obra C



Fonte: A autora.

Figura 46 – Equipe por cômodo na obra C



Fonte: A autora.

Na Figura 46 observa-se a divisão da equipe por cômodo para o ciclo 1, as cores representam os cômodos que cada equipe deve montar. Os seis quartos, três de cada apartamento, eram montados por três duplas de 1 carpinteiro e 1 servente, cada dupla montava dois quartos. Os quatro banheiros, dois em cada apartamento, eram montados por duas duplas de 1 carpinteiro e 1 servente, cada dupla montava dois banheiros. Da mesma maneira, as duas cozinhas eram montadas por uma dupla. As duas salas, eram montadas por duas duplas, e as fôrmas externas eram montadas por 1 carpinteiro e 2 serventes.

A Figura 47 representa o posiocinamento dos painéis no local de aplicação após a desfôrma e a Figura 48 o uso de alinhador nas paredes da sala.

Figura 47 – Posicionamento dos painéis



Figura 48 – Uso de alinhador



Fonte: A autora.

Assim como nas obras A e B, as atividades de desfôrma e transporte entre área de dois ciclos subsequentes são consideradas no nível de ocupação de trabalho direto. As fôrmas que eram desformadas eram limpas e recebiam aplicação de desmoldante para serem montadas no ciclo seguinte.

A equipe de montagem de fôrmas concluía o serviço próximo ao início da tarde, liberando a área para a equipe de armação e, posteriormente, para a concretagem. Os montadores, ao término da montagem das fôrmas, eram dispensados. A equipe de montagem de fôrmas tinha horário de início de trabalho diferente dos demais funcionários da obra, iniciando na maioria dos dias às 5 horas da manhã.

#### 5.1.3.3 Concretagem de paredes e lajes

Para concretagem das paredes e lajes era utilizado concreto usinado auto-adensável, bombeado por bomba lança, com resistência aos 28 dias de 30 MPa e resultado do slump test de 22±3 cm. O fornecimento do concreto era realizado pela própria construtora, a qual possui uma central de concreto localizada a poucos quilômetros da obra.

A equipe envolvida no serviço de concretagem era composta por 4 funcionários, sendo 1 funcionário com nível a laser, 1 funcionário no lançamento do concreto e 2 funcionários no acabamento (sarrafeamento). A Figura 49 representa concretagem de lajes e paredes, observa-se a presença o profissional responsável pela operação da bomba lança (canto esquerdo), além do funcionário com o mangote da lança e dois funcionários no acabamento da laje.

Figura 49 – Concretagem na obra C



Fonte: A autora.

## 5.2 Apresentação e análise dos resultados

Na sequência são apresentados os indicadores de produtividade da mão de obra, as RUP's não estratificadas e estratificadas, para os serviços de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem de paredes e lajes. Também são apresentadas as análises dos resultados obtidos nas obras estudadas, e a comparação com estudos de referência.

### 5.2.1 Montagem de armaduras

A seguir são apresentados os indicadores de produtividade da mão de obra para o serviço de montagem de armaduras nas obras A, B e C.

#### 5.2.1.1 Obra A

##### 5.2.1.1.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de montagem de armaduras, na obra A, foram coletados dados em oito dias de serviço, sendo possível calcular oito RUP's diárias. Na Tabela 4 são apresentados os tempos

coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por quilograma (Hh/kg).

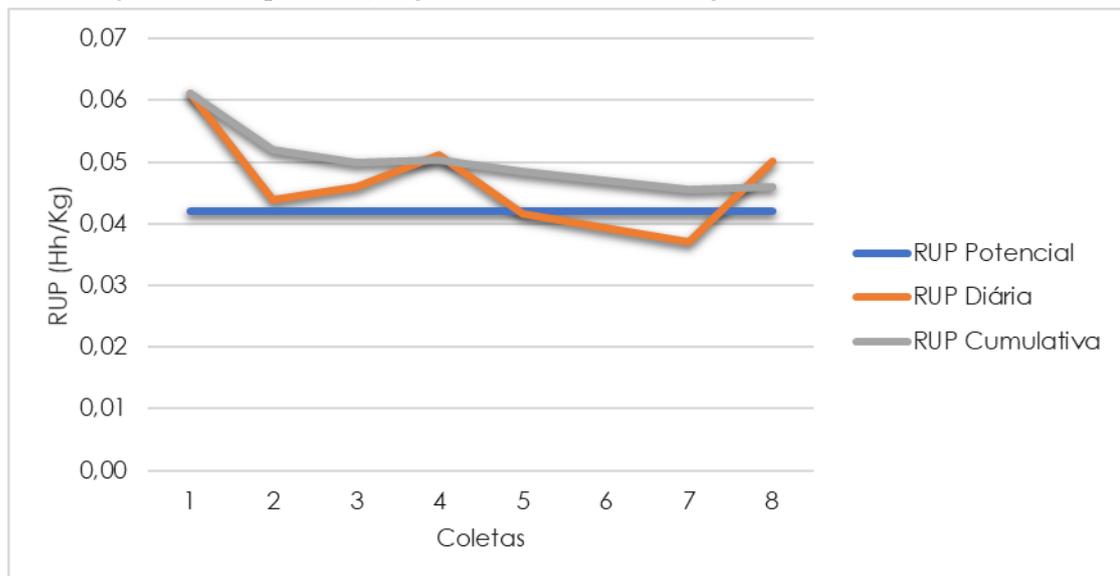
Tabela 4 – RUP's montagem de armaduras na obra A

Coletas	Hh		QS (Kg)		RUP (Hh/kg)		RUP Pot (Hh/kg)
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	55,17	55,17	901,5	901,5	<b>0,061</b>	0,061	
2	43,48	98,65	992,0	1893,5	<b>0,044</b>	0,052	
3	45,57	144,22	992,0	2885,5	<b>0,046</b>	0,050	
4	46,05	190,27	901,5	3787,0	<b>0,051</b>	0,050	<b>0,042</b>
5	41,30	231,57	992,0	4779,0	<b>0,042</b>	0,048	
6	35,45	267,02	901,5	5680,5	<b>0,039</b>	0,047	
7	36,67	303,68	992,0	6672,5	<b>0,037</b>	0,046	
8	45,27	348,95	901,5	7574,0	<b>0,050</b>	<b>0,046</b>	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 4 são expressas graficamente na Figura 50.

Figura 50 – Representação gráfica das RUP's montagem de armaduras na obra A



Fonte: A autora.

Observa-se que a RUP diária variou entre 0,037 e 0,061 Hh/Kg. A RUP potencial, no valor de 0,042 Hh/Kg, representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados.

### 5.2.1.1.2 Indicadores de RUP estratificadas

Os dados coletados para o serviço de montagem de armaduras são apresentados na Tabela 5 com a estratificação das RUP's diárias nas atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação.

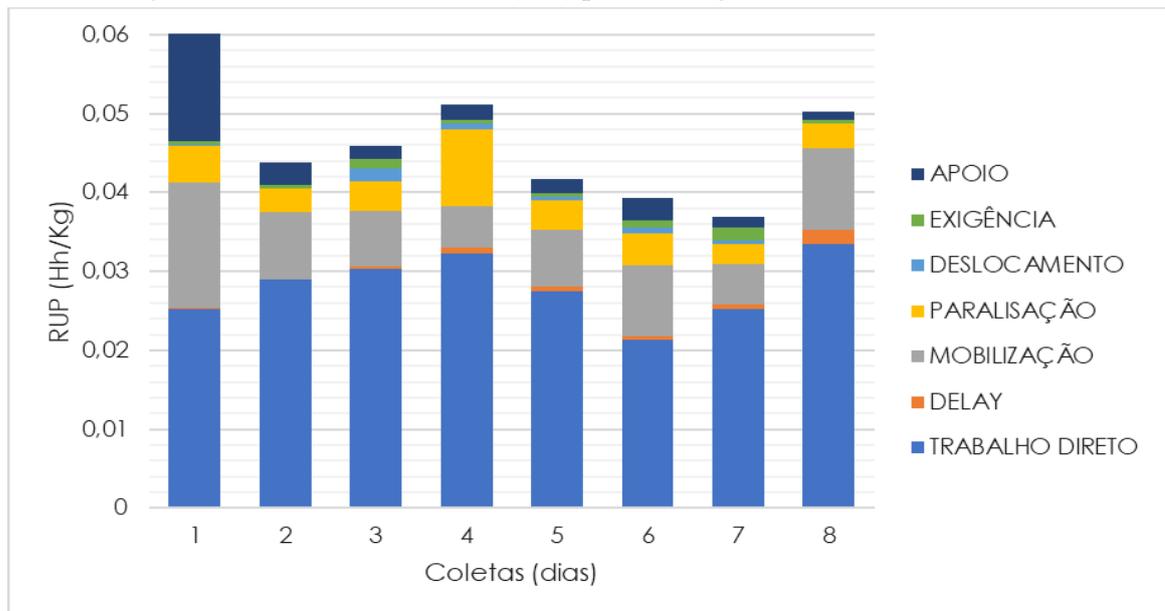
Tabela 5 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de armaduras na obra A

Coletas	RUP ID 1 (Hh/kg)							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,015	0,001	0,000	0,005	0,016	0,000	0,025	0,061
2	0,003	0,001	0,000	0,003	0,009	0,000	0,029	0,044
3	0,002	0,001	0,002	0,004	0,007	0,000	0,030	0,046
4	0,002	0,000	0,001	0,010	0,005	0,001	0,032	0,051
5	0,002	0,000	0,000	0,004	0,007	0,001	0,028	0,042
6	0,003	0,001	0,001	0,004	0,009	0,000	0,021	0,039
7	0,001	0,002	0,001	0,003	0,005	0,001	0,025	0,037
8	0,001	0,000	0,000	0,003	0,010	0,002	0,033	0,050
Cumulativa	0,003	0,001	0,001	0,004	0,008	0,001	0,028	0,046

Fonte: A autora.

A Figura 51 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 5.

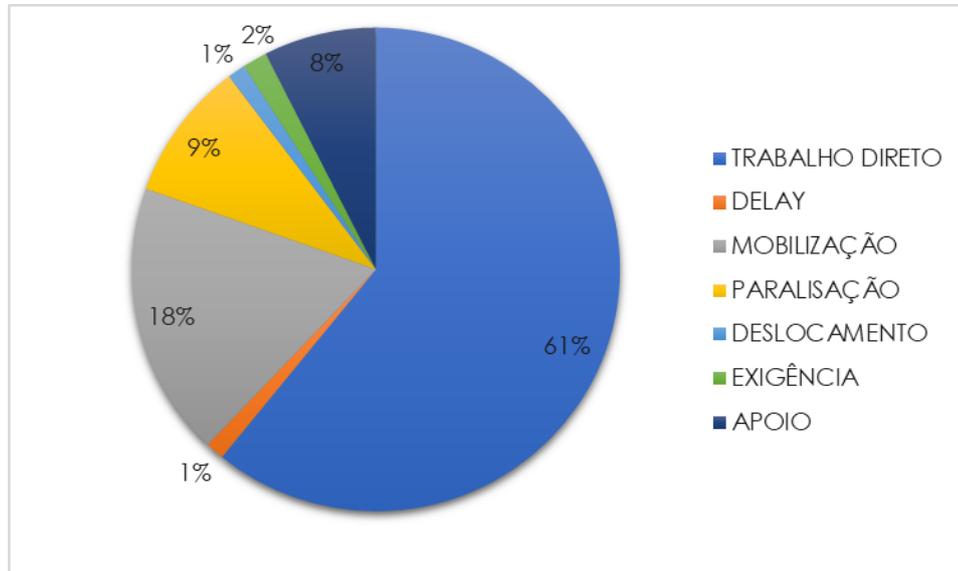
Figura 51 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de armaduras na obra A



Fonte: A autora.

A Figura 52 apresenta percentualmente a participação de cada ocupação no ID1, para RUP cumulativa, durante o período de coleta.

Figura 52 – Percentual das atividades ID1, montagem de armaduras na obra A



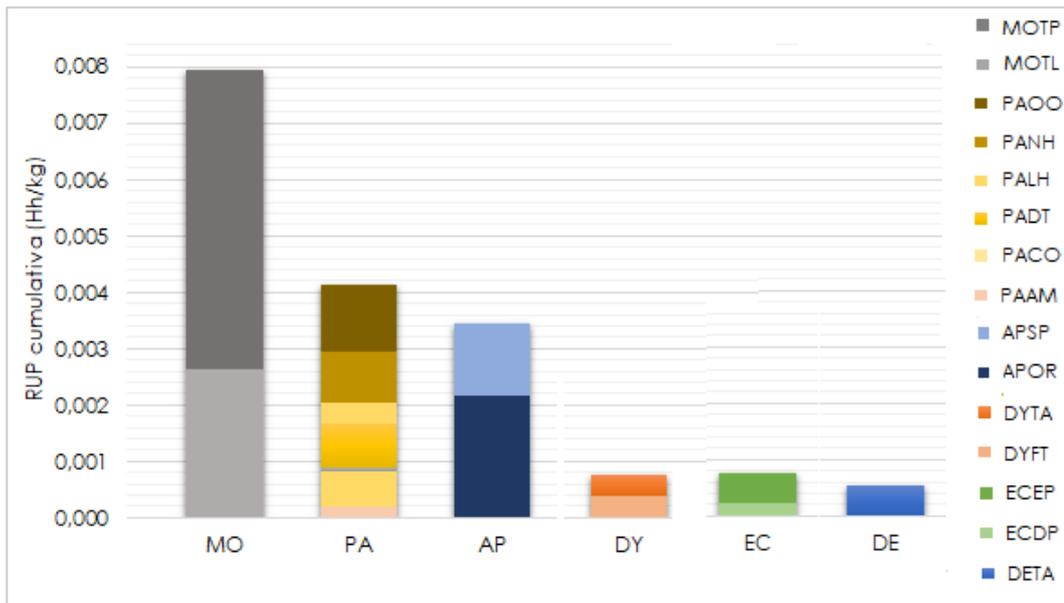
Fonte: A autora.

O trabalho direto representa 61% do tempo, e conseqüentemente, da RUP cumulativa. As atividades mais relevantes, além do trabalho direto, são mobilização, paralisação e apoio, com representatividade de 18%, 9% e 8%, respectivamente, na produtividade da mão de obra. É importante ressaltar que as atividades classificadas em paralisação representam atividades improdutivas, e as atividades de mobilização e apoio contribuem para execução serviço.

Observa-se na Figura 51 que as atividades classificadas como paralisação ocorreu em todos os dias de coleta. As maiores RUP's referentes as atividades de mobilização, que foram as coletas de nº 1, 2, 6 e 8, dias em que não houve o auxílio do manipulador para o transporte do aço, evidenciando a importância do equipamento. A coleta de nº 1 é marcada pela maior RUP da atividade de apoio, pois nesse dia específico foi preciso separar e organizar uma quantidade de aço que havia chegado para realização de corte e dobra.

A Figura 53 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 53 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de armaduras na obra A



Fonte: A autora.

Para a categoria mobilização, a qual tem maior representatividade comparada às demais atividades auxiliares e improdutivas, pode-se afirmar que a atividade de transporte de aço para montagem de armaduras de paredes (MOTP) é predominante. Apesar das atividades de mobilização serem auxiliares a execução do serviço, os tempos despendidos com as mesmas devem ser acompanhados para evitar perda de produtividade.

Atividades classificadas como paralisação são consideradas improdutivas, e representam prejuízos à produtividade da mão de obra, com exceção das necessidades humanas. Percebe-se, na Figura 53, grande variação das atividades, são elas: ócio (PAOO), lanches fora do horário (PALH), espera por distribuição de tarefas (PADT), conversas (PACO) e espera por equipamento (PAAM), sendo mais relevante o ócio e as paradas por necessidades humanas (PANH), que apesar de inevitável deve ter seu tempo monitorado, para possíveis ações de melhoria no canteiro.

Considerando as atividades de apoio (ID1), destacam-se a organização da área do trabalho (APOR) e separação do aço para corte e dobra (APSP), que no caso da obra, como explicado anteriormente, tratou-se de separação após recebimento de aço. As atividades auxiliares classificadas como delay, exigências do canteiro e deslocamento (no ID1) não apresentam RUP's com valores relevantes.

### 5.2.1.2 Obra B

#### 5.2.1.2.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de montagem de armaduras, na obra B, foram coletados dados em cinco dias de serviço. Na Tabela 6 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por quilograma (Hh/kg).

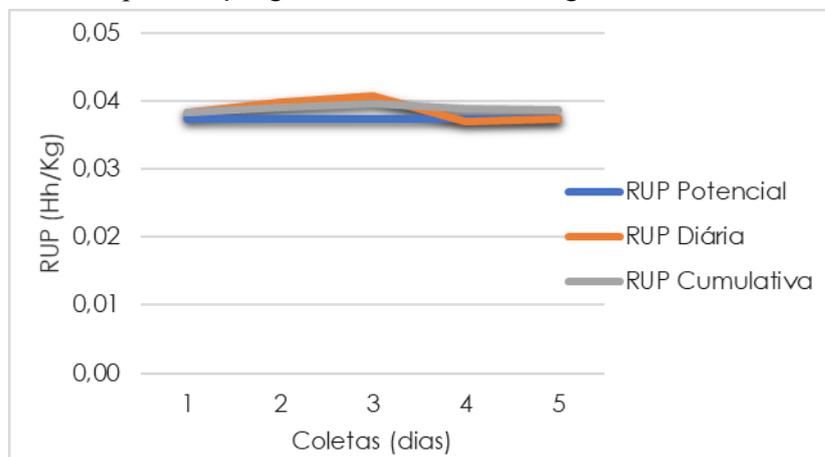
Tabela 6 – RUP's montagem de armaduras na obra B

Coletas	Hh		QS (Kg)		RUP (Hh/Kg)		RUP Pot (Hh/kg)
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	58,05	58,050	1515,2	1515,2	<b>0,038</b>	0,038	
2	60,18	118,23	1515,2	3030,3	<b>0,040</b>	0,039	
3	53,45	171,68	1311,9	4342,2	<b>0,041</b>	0,040	<b>0,037</b>
4	50,12	221,80	1358,0	5700,2	<b>0,037</b>	0,039	
5	54,90	276,70	1469,0	7169,2	<b>0,037</b>	<b>0,039</b>	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 6 são expressas graficamente na Figura 54.

Figura 54 – Representação gráfica das RUP's montagem de armaduras na obra B



Fonte: A autora.

A RUP diária variou entre 0,037 e 0,041 Hh/Kg. A RUP potencial, no valor de 0,037 Hh/Kg representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados. Percebe-se pelo gráfico que a variação dos indicadores é baixa.

### 5.2.1.2.2 Indicadores de RUP estratificadas

Os dados coletados são exibidos na Tabela 7 com a estratificação das RUP's diárias nas atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação.

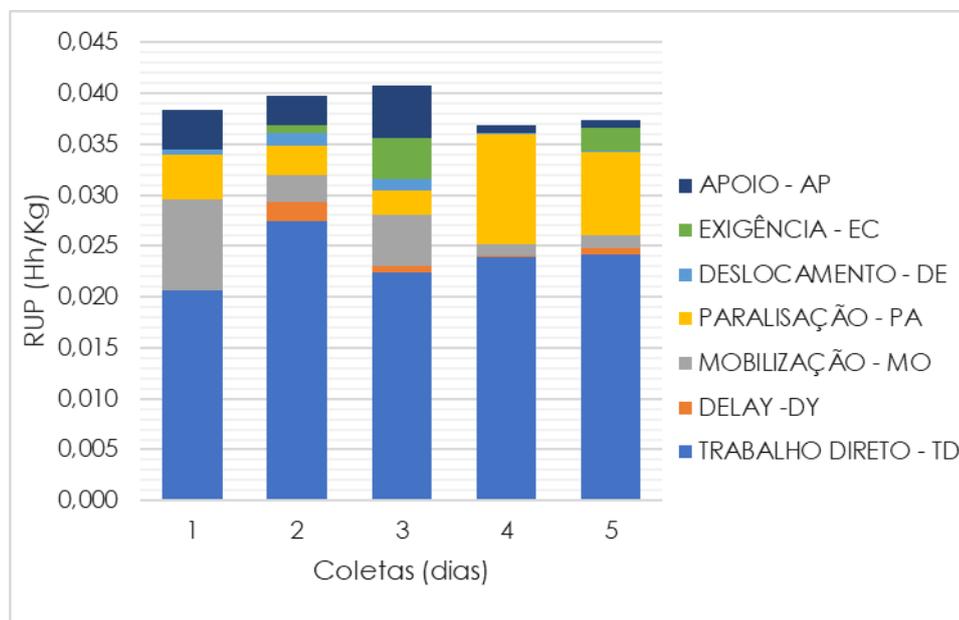
Tabela 7 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de armaduras na obra B

Coletas	RUP ID 1 (Hh/Kg)							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,004	0,000	0,001	0,004	0,009	0,000	0,021	0,038
2	0,003	0,001	0,001	0,003	0,003	0,002	0,027	0,040
3	0,005	0,004	0,001	0,002	0,005	0,001	0,022	0,041
4	0,001	0,000	0,000	0,011	0,001	0,000	0,024	0,037
5	0,001	0,002	0,000	0,008	0,001	0,001	0,024	0,037
Cumulativa	0,003	0,001	0,001	0,006	0,004	0,001	0,024	0,039

Fonte: A autora.

A Figura 55 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 7.

Figura 55 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de armaduras na obra B

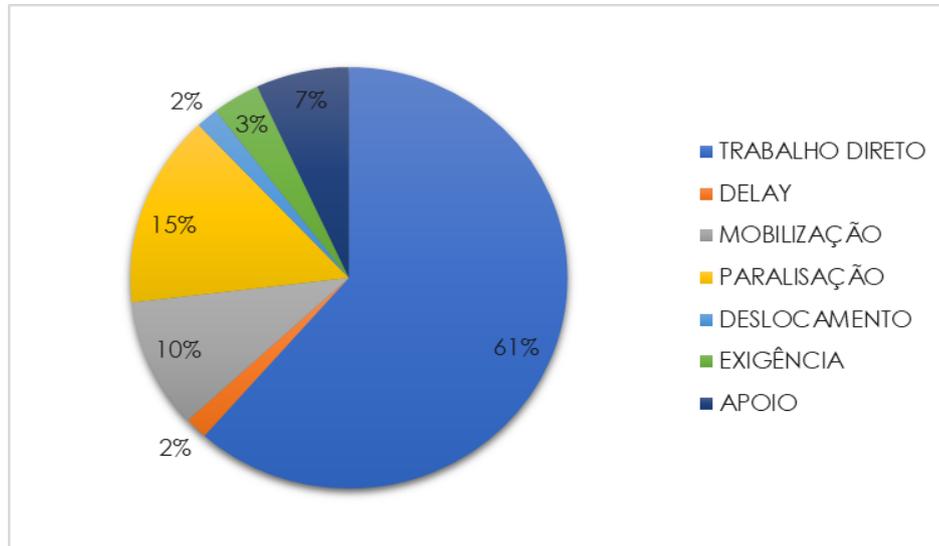


Fonte: A autora.

Durante o período de coleta, coincidentemente, em dois dias houve diálogo de segurança semanal, o qual era realizado pela equipe de segurança do trabalho com todos os funcionários, são as coletas de nº 3 e 5. Por isso, percebe-se na Figura 55 uma relevância maior para a

atividade de exigências do canteiro nesses dois dias. A Figura 56 representa percentualmente a participação de cada ocupação no ID1, para RUP cumulativa, durante o período de coleta.

Figura 56 – Percentual das atividades ID1, montagem de armaduras na obra B

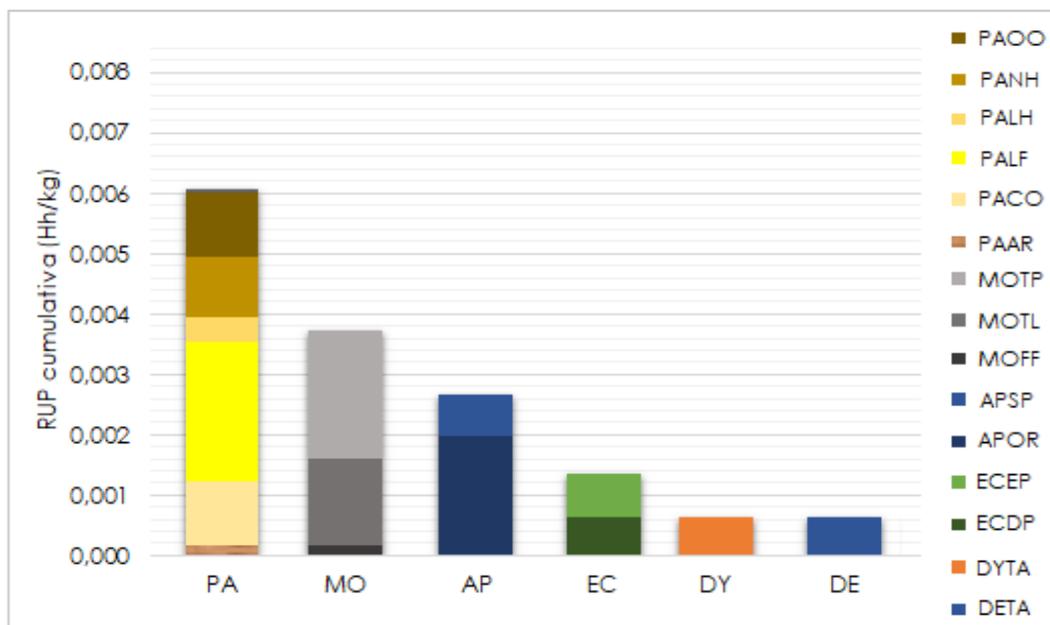


Fonte: A autora.

As atividades mais relevantes, além do trabalho direto que representa 61%, são paralisação, mobilização e apoio com representatividade de 15%, 10% e 7%, respectivamente, na produtividade da mão de obra, considerando o período de coleta.

A Figura 57 apresenta a RUP cumulativa, estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 57 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de armaduras na obra B



Fonte: A autora.

Atividades classificadas como paralisação apresentaram maior influência na RUP cumulativa. Durante o período de coleta foi evidenciado que a equipe da armação esperava a liberação da laje (PALF), pela equipe da fôrma, para montagem de armaduras. Paralisações por ócio (PAOO), necessidades humanas (PANH), lanche (PANH) e conversa (PACO) também foram evidenciadas.

A atividade de mobilização, praticamente, refere-se ao transporte do aço de paredes (MOTP) e lajes (MOTL). Como atividades de apoio, foram observadas a organização da área (APOR) e a separação do aço para corte e dobra (APSP). As atividades de mobilização e apoio, são auxiliares ao trabalho direto.

### 5.2.1.3 Obra C

#### 5.2.1.3.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de montagem de armaduras, na obra C, foram coletados dados em seis dias de serviço, sendo possível calcular seis RUP's diárias. Na Tabela 8 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por quilograma (Hh/kg).

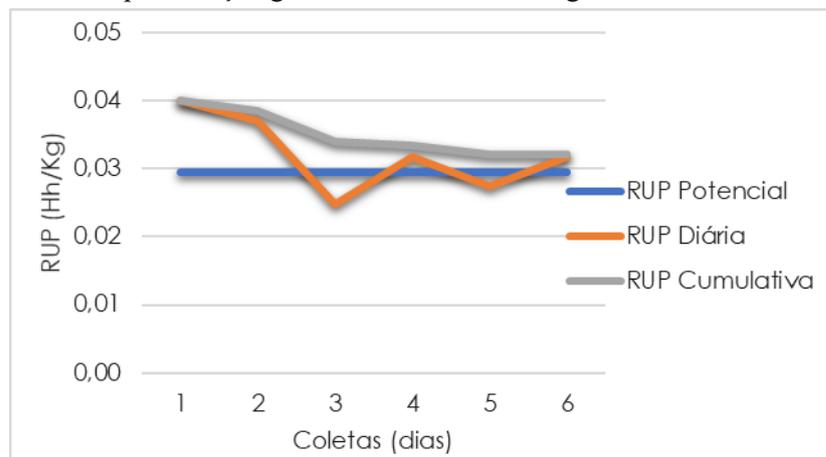
Tabela 8 – RUP's montagem de armaduras na obra C

Coletas	Hh		QS (Kg)		RUP (Hh/kg)		RUP Pot (Hh/kg)
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	58,68	58,68	1471,29	1471,29	<b>0,040</b>	0,040	<b>0,030</b>
2	56,06	114,73	1513,93	2985,22	<b>0,037</b>	0,038	
3	36,50	151,23	1471,29	4456,52	<b>0,025</b>	0,034	
4	46,58	197,82	1471,29	5927,81	<b>0,032</b>	0,033	
5	41,52	239,33	1513,93	7441,74	<b>0,027</b>	0,032	
6	46,67	286,00	1471,29	8913,04	<b>0,032</b>	0,032	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 8 são expressas graficamente na Figura 58.

Figura 58 – Representação gráfica das RUP's montagem de armaduras na obra C



Fonte: A autora.

Observa-se que a RUP diária variou entre 0,025 e 0,040 Hh/Kg. A RUP potencial, no valor de 0,030 Hh/Kg, representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados.

#### 5.2.1.3.2 Indicadores de RUP estratificadas

Os dados coletados para o serviço de montagem de armaduras são apresentados na Tabela 9 com a estratificação das RUP's diárias nas atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação.

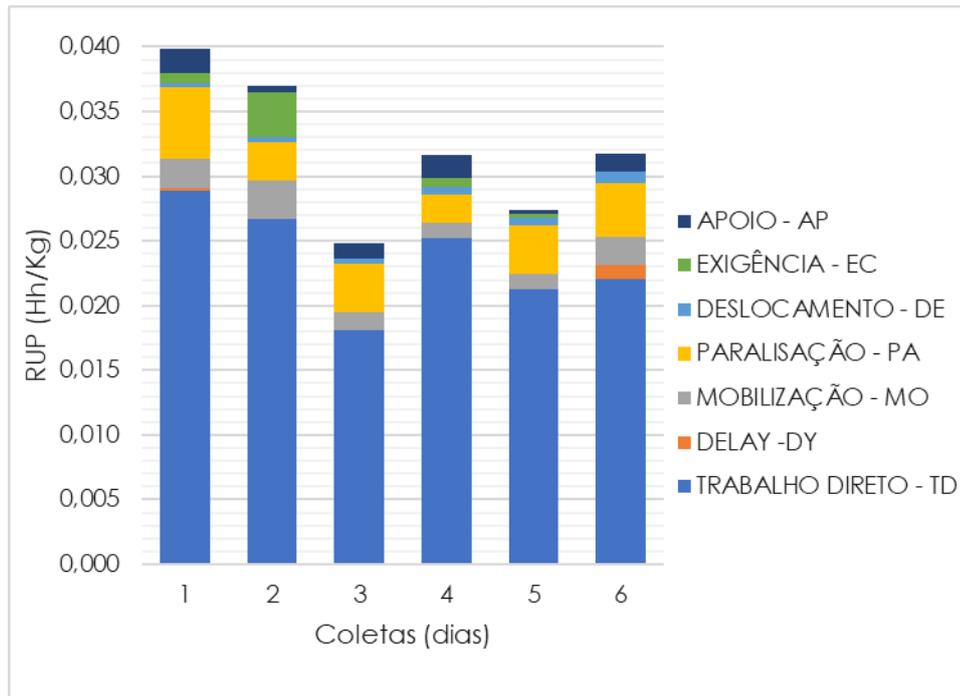
Tabela 9 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de armaduras na obra C

Coletas	RUP ID 1 (Hh/kg)							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,002	0,001	0,000	0,006	0,002	0,000	0,029	0,040
2	0,001	0,003	0,000	0,003	0,003	0,000	0,027	0,037
3	0,001	0,000	0,000	0,004	0,001	0,000	0,018	0,025
4	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,000	0,025	0,032
5	0,000	0,000	0,001	0,004	0,001	0,000	0,021	0,027
6	0,001	0,000	0,001	0,004	0,002	0,001	0,022	0,032
Cumulativa	0,001	0,001	0,001	0,004	0,002	0,000	0,024	0,032

Fonte: A autora.

A Figura 59 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 9.

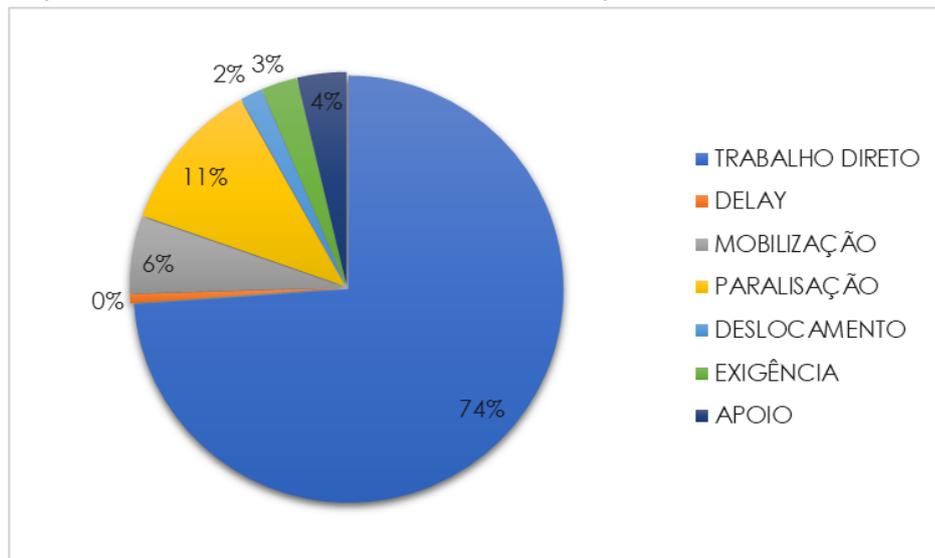
Figura 59 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de armaduras na obra C



Fonte: A autora.

Observa-se na Figura 59, que a RUP mobilização, para todos os dias de coleta foi inferior a RUP paralisação. A Figura 60 apresenta percentualmente a participação de cada ocupação no ID1, para RUP cumulativa, durante o período de coleta.

Figura 60 – Percentual das atividades ID1, montagem de armaduras na obra C



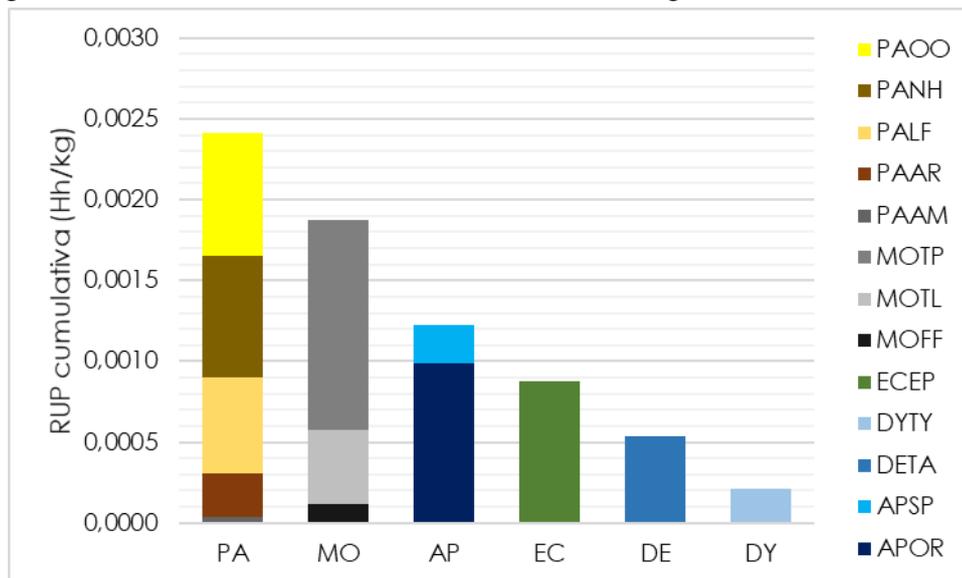
Fonte: A autora.

O trabalho direto representa 74% da RUP cumulativa. As atividades mais relevantes, além do trabalho direto, são paralisação, mobilização e apoio, com representatividade de 11%, 6% e 4% respectivamente na produtividade da mão de obra. Observa-se na Figura 59 que a coleta de n°

1 apresenta a maior representatividade da atividade de paralisação, o que influenciou para o pior indicador da RUP durante a coleta de dados.

A Figura 61 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 61 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de armaduras na obra C



Fonte: A autora.

A categoria paralisação, tem maior representatividade quando comparada às demais atividades e excluindo o trabalho direto, representa 11% da RUP e as atividades nos níveis ID2/ID3 mais relevantes são as paralisações por ócio (PAOO), necessidades humanas (PANH), paralisação por liberação de frente (PALF) e paralisação por falta do aço (PAAR). Com exceção das necessidades humanas, as demais atividades são consideradas improdutivas e devem ser inibidas no canteiro de obras.

As atividades de mobilização são basicamente o transporte de aço para montagem de armaduras das paredes (MOTP) e montagem das lajes (MOTL). A participação da RUP referente a mobilização do aço apresenta bons resultados e conseqüentemente baixa representatividade na RUP cumulativa.

Como atividades de apoio (ID1) destacam-se a organização da área do trabalho (APOR) e separação do aço para corte e dobra (APSP). As atividades auxiliares classificadas como exigências do canteiro estão associadas a troca e recebimento de EPI (ECEP). E as atividades

de deslocamento (no ID1) são referentes ao deslocamento dos funcionários ao local de trabalho (DETA).

#### 5.2.1.4 Análise dos resultados das obras A, B e C para montagem de armaduras

Na Tabela 10 são apresentados os resultados das RUP's (mínima, máxima, potencial e cumulativa) sem estratificação para o serviço de montagem de armaduras e o número de dias coletados (n) nas obras A, B e C. É importante ressaltar que os valores apresentados não contemplam os dias nos quais houve a ocorrência de paralisação total do serviço em função de alguma anormalidade, como falta de material ou a não finalização do ciclo anterior (por falta de concretagem), impossibilitando a execução de um novo ciclo no dia subsequente.

Tabela 10 – Resumo das RUP's de montagem de armaduras nas obras A, B e C

Obra	RUP (Hh/Kg)				Número de coletas
	Mínima	Máxima	Potencial	Cumulativa	
Obra A	0,037	0,061	0,042	0,046	8
Obra B	0,037	0,041	0,037	0,039	5
Obra C	0,025	0,040	0,030	0,032	6

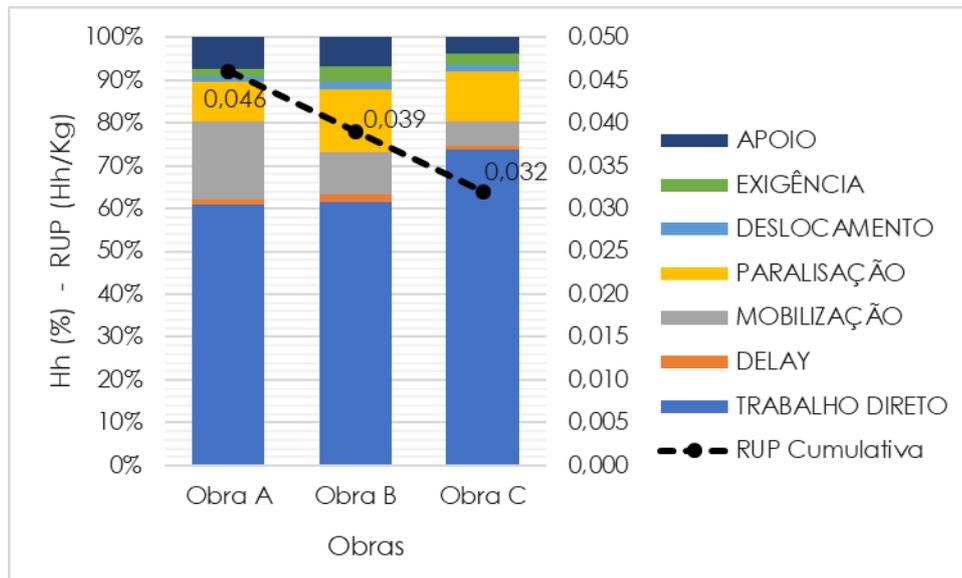
Fonte: A autora.

A obra C apresenta o menor valor para RUP mínima, 0,025 Hh/kg, quando comparada as obras A e B, que apresentam o mesmo valor 0,037 Hh/kg. Os resultados da obra C, para as RUP's máxima, potencial e cumulativa, também são melhores do que as demais obras, o que permite afirmar que a obra C possui o melhor aproveitamento da mão de obra.

A obra B comprava o aço cortado e dobrado (reforços), não necessitando realizar as atividades de corte e dobra como nas obras A e C, que compravam as barras retas. No entanto, os melhores resultados são da obra C, significando que a compra do aço cortado e dobrado influencia positivamente na RUP, pela diminuição de atividades, porém não é o suficiente para melhores resultados.

Os valores para RUP's cumulativas estratificadas calculadas para as obras A, B e C no serviço de montagem de armaduras são exibidos na Figura 62. As barras representam o uso percentual do tempo com as atividades no 1º nível (ID1) e a linha pontilhada a RUP cumulativa das obras.

Figura 62 – Percentual das atividades ID1 e RUP's cumulativas para montagem de armaduras nas obras A, B e C



Fonte: A autora.

Como citado anteriormente, o resultado da RUP cumulativa da obra C foi melhor do que as obras A e B, o que pode ser associado à obra apresentar o maior percentual do tempo despendido com trabalho direto; e também o menor percentual de tempo despendido com mobilização, devido a disponibilidade do guindaste *full time*.

Observou-se que a obra A despende um tempo consideravelmente maior com mobilização do que as obras B e C; em percentual, a obra A utilizou 18% do tempo com tal atividade, enquanto, na obra B o valor corresponde a 10% do tempo e na obra C apenas 6%. Apesar das atividades definidas como mobilização serem necessárias para execução do serviço, o tempo despendido pode ser reduzido na obra A. Durante a coleta de dados na obra A, observou-se que, além de maiores tempos despendidos com o transporte manual do aço, a logística do canteiro e a disposição do estoque de aço também interferia para maiores tempos despendidos com a mobilização.

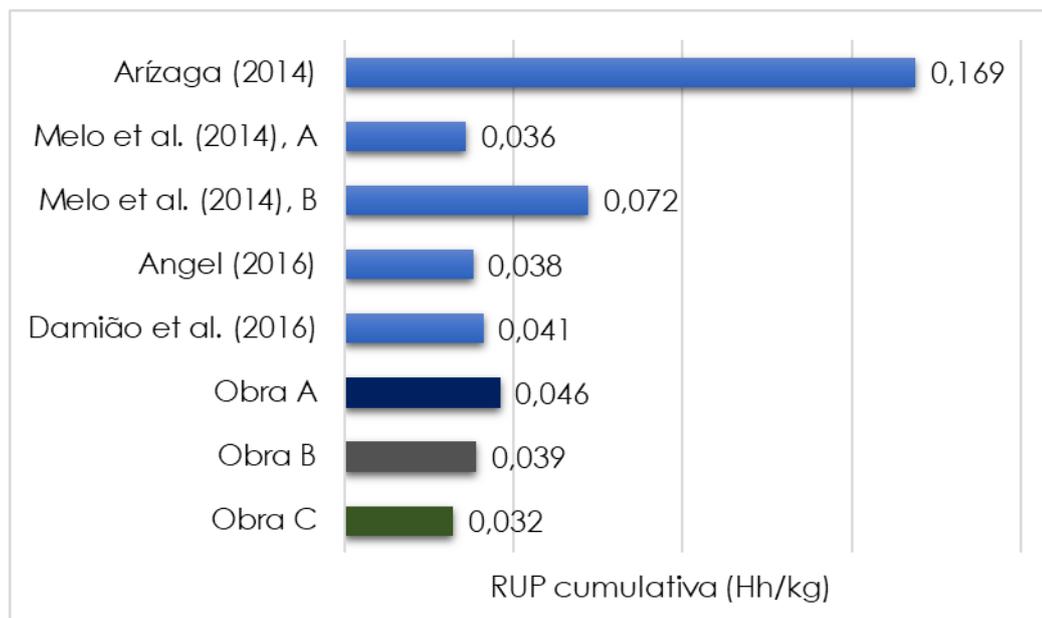
Apesar da obra A apresentar o maior indicador de RUP cumulativa (pior), 0,046 Hh/kg, ela apresenta o menor percentual de tempo despendido com paralisações, 9% do tempo, enquanto as obras B e C despedem 15% e 12%, respectivamente, com paralisações. Durante a coleta foi observado que, na maioria das vezes, a equipe de armação da obra B estava parada por liberação de frente. Eles esperavam a liberação da laje pela equipe de fôrma para iniciarem a montagem de armaduras.

O percentual de tempo despendido com atividades de exigências do canteiro é mais expressivo na obra B, devido coincidência de terem sido realizadas coletas em dias que houve o diálogo periódico semanal (obrigatória a participação de todos os funcionários).

#### 5.2.1.5 Análise comparativa dos resultados com estudos de referências

A Figura 63 representa os indicadores obtidos para as obras A, B e C comparados a indicadores de referências, de estudos anteriores, para o serviço de montagem de armaduras. As pesquisas apresentadas pelos autores Arízaga (2014), Melo et al. (2014), Angel (2016) e Damião et al. (2016) foram realizadas em obras com o uso do sistema parede de concreto, mas não utilizaram a metodologia da estratificação da produtividade, por isso a análise comparativa refere-se apenas a RUP cumulativa.

Figura 63 – Comparação das RUP's de armação das obras A, B e C com estudos anteriores



Fonte: A autora.

Verifica-se na Figura 63 que os indicadores obtidos nesta pesquisa, para as obras A, B e C estão muito próximos dos indicadores apresentados por Melo et al. (2014), Angel (2016) e Damião et al. (2016), RUP's cumulativas entre 0,032 e 0,046 Hh/kg.

A RUP cumulativa da obra C no valor de 0,032 Hh/kg, além de ser o melhor indicador é muito próxima do menor valor apresentado para os estudos de referência, no valor de 0,038Hh/kg,

apresentado por Angel (2016). O indicador apresentado por Arízaga (2014), de 0,169 Hh/kg, é destoante dos demais indicadores, os quais são abaixo de 0,072 Hh/kg.

## 5.2.2 Montagem de fôrmas

### 5.2.2.1 Obra A

#### 5.2.2.1.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de montagem de fôrmas, na obra A, foram coletados dados em seis dias de serviço. Na Tabela 11 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por metros quadrado (Hh/m<sup>2</sup>).

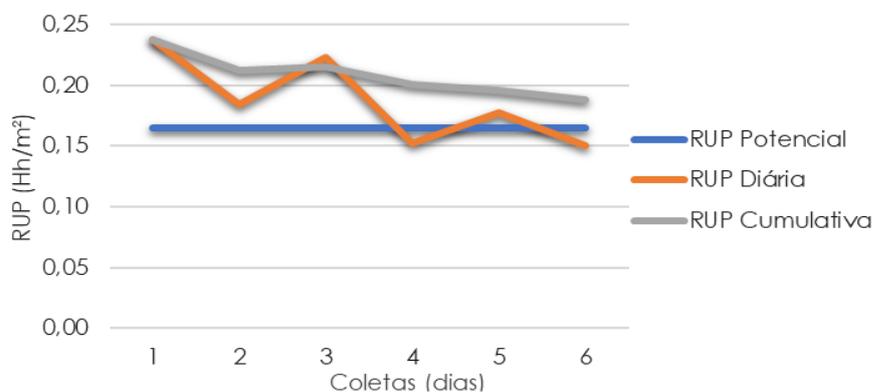
Tabela 11 – RUP's montagem de fôrmas na obra A

Coletas	Hh		QS (m <sup>2</sup> )		RUP (Hh/m <sup>2</sup> )		RUP Pot
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	127,08	127,08	535,4	535,4	<b>0,237</b>	0,237	<b>0,165</b>
2	91,82	218,90	497,7	1033,1	<b>0,184</b>	0,212	
3	119,15	338,05	535,4	1568,5	<b>0,223</b>	0,216	
4	75,82	413,87	497,7	2066,2	<b>0,152</b>	0,200	
5	95,10	508,97	535,4	2601,6	<b>0,178</b>	0,196	
6	80,43	589,40	535,4	3136,9	<b>0,150</b>	<b>0,188</b>	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 11 são expressas graficamente na Figura 64.

Figura 64 – Representação gráfica das RUP's na montagem de fôrmas na obra A



Fonte: A autora.

Observa-se que a RUP diária variou entre 0,150 e 0,237 Hh/m<sup>2</sup>. A RUP potencial, no valor de 0,165 Hh/m<sup>2</sup>, representa um valor factível em função dos valores da RUP diária coletados.

#### 5.2.2.1.2 Indicadores de RUP estratificadas

Os indicadores calculados são exibidos na Tabela 12 com a estratificação das RUP's diárias nas atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação, para o serviço de montagem de fôrmas.

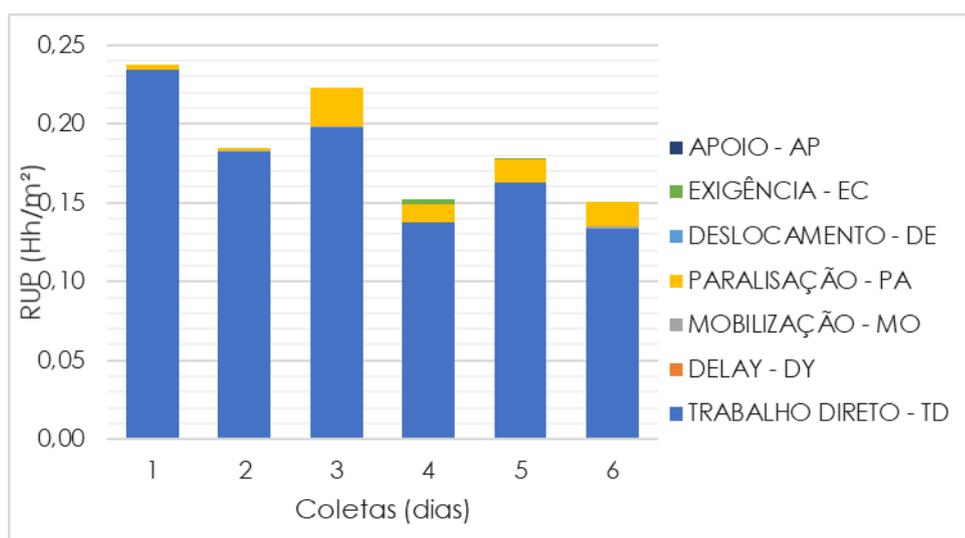
Tabela 12 – RUP's estratificadas (ID1) montagem de fôrmas na obra A

Coletas	RUP ID 1 (Hh/m <sup>2</sup> )							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,234	0,237
2	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,000	0,182	0,184
3	0,000	0,000	0,000	0,024	0,001	0,000	0,198	0,223
4	0,000	0,004	0,000	0,011	0,001	0,000	0,137	0,152
5	0,000	0,001	0,000	0,014	0,000	0,000	0,163	0,178
6	0,000	0,000	0,000	0,015	0,002	0,000	0,134	0,150
Cumulativa	0,000	0,001	0,000	0,012	0,001	0,000	0,175	0,188

Fonte: A autora.

A Figura 65 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 12.

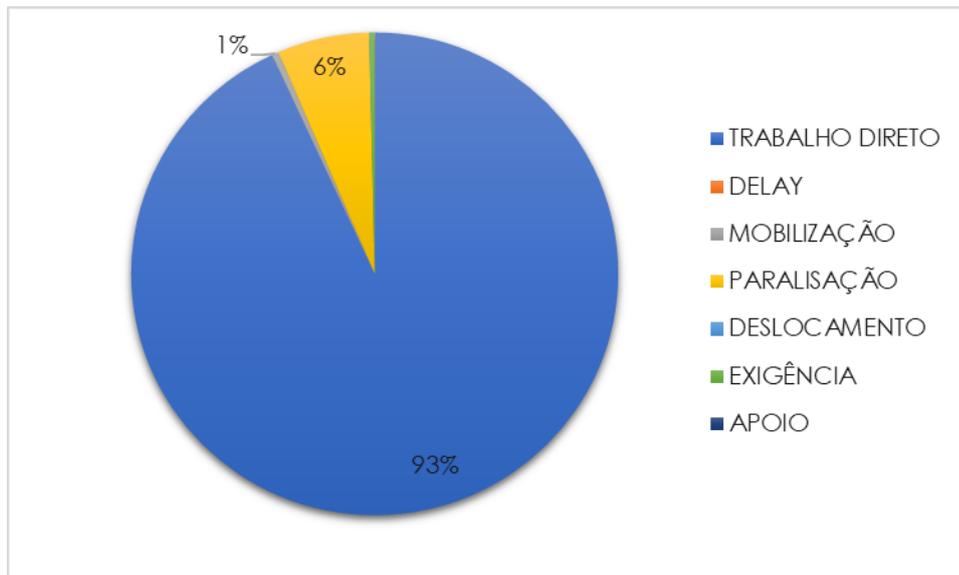
Figura 65 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de fôrmas na obra A



Fonte: A autora.

A Figura 66 representa percentualmente a participação de cada ocupação no ID1 na RUP cumulativa durante o período de coleta.

Figura 66 – Percentual das atividades ID1, montagem de fôrmas na obra A

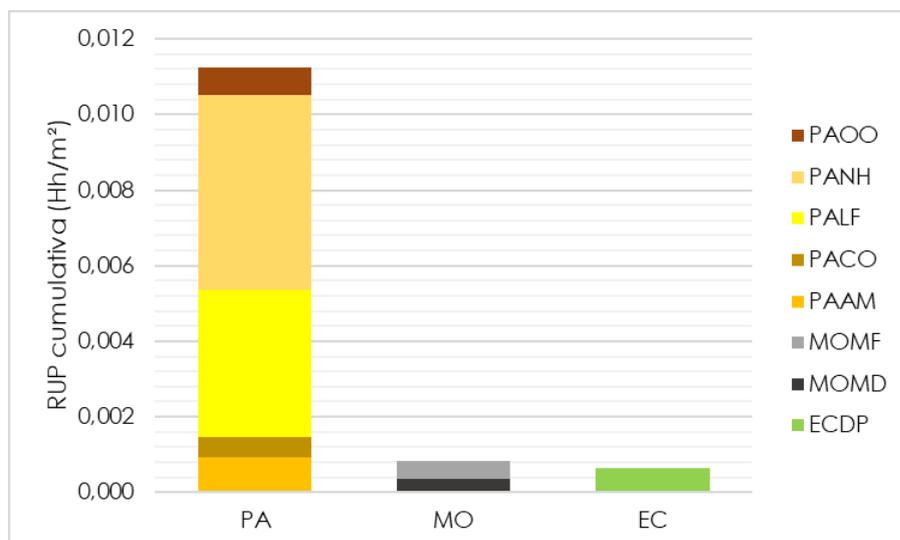


Fonte: A autora.

Observa-se na Figura 65 que a coleta de nº 3 teve um maior tempo despendido com a atividade de paralisação. Neste dia alguns montadores tiveram que parar para aguardar a equipe para descida de alguns painéis de fôrma que estavam em outro bloco, já concluído.

O serviço de montagem de fôrmas, na obra A, era impulsionado pelo acordo que havia entre os montadores e a empresa construtora, referente a liberação após conclusão do serviço, de modo que a mão de obra não despendesse maiores tempos com outras atividades. A Figura 67 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 67 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de fôrmas na obra A



Fonte: A autora.

As atividades consideradas improdutivas e auxiliares representam apenas 7% da RUP cumulativa. Destaca-se a influência das atividades classificadas como paralisação dos trabalhadores por ócio (PAOO), necessidades humanas (PANH), liberação de frente (PALF), conversas (PACO) e aguardando equipamento (PAAM).

As atividades classificadas como mobilização e exigências do canteiro representam pouca influência na RUP cumulativa. As mobilizações referem-se ao transporte de fôrmas fora do local de trabalho (MOMF) e ao transporte de desmoldante (MOMD). Como exigências do canteiro, teve-se a realização de diálogo periódico de segurança do trabalho (ECDP).

### 5.2.2.2 Obra B

#### 5.2.2.2.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de montagem de fôrmas na obra B foram obtidas seis RUP's diárias. Na Tabela 13 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por metro quadrado (Hh/m<sup>2</sup>).

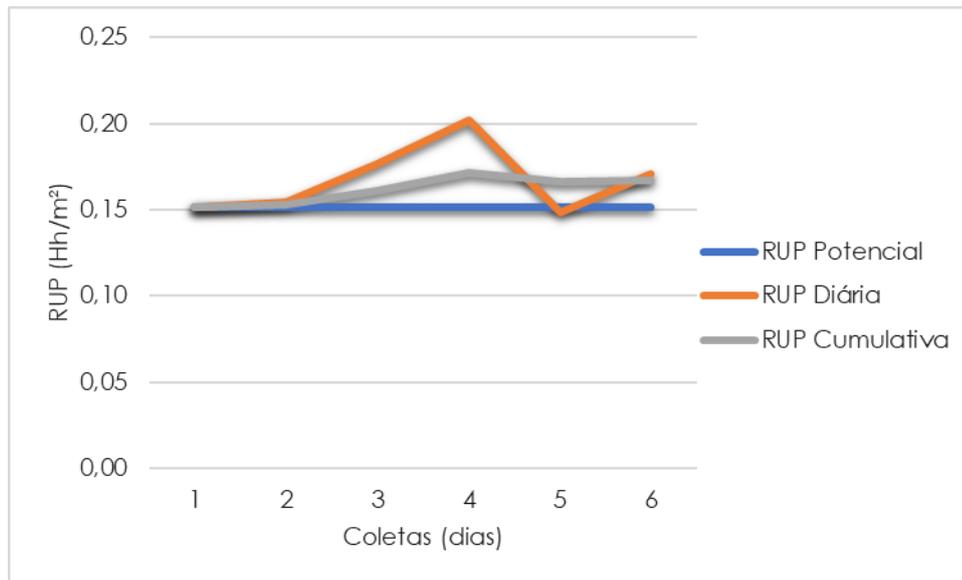
Tabela 13 – RUP's montagem de fôrmas na obra B

Coletas	Hh		QS (m <sup>2</sup> )		RUP (Hh/m <sup>2</sup> )		RUP Pot
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	85,03	85,03	560,31	560,31	<b>0,152</b>	0,152	<b>0,152</b>
2	82,90	167,93	537,11	1097,42	<b>0,154</b>	0,153	
3	98,93	266,87	560,31	1657,73	<b>0,177</b>	0,161	
4	112,97	379,83	560,31	2218,04	<b>0,202</b>	0,171	
5	83,08	462,92	560,31	2778,35	<b>0,148</b>	0,167	
6	91,08	554,72	537,11	3315,46	<b>0,171</b>	<b>0,167</b>	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 13 são expressas graficamente na Figura 68. A RUP diária variou entre 0,148 e 0,202 Hh/m<sup>2</sup>. A RUP potencial, no valor de 0,152 Hh/m<sup>2</sup>, representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados.

Figura 68 – Representação gráfica das RUP's, montagem de fôrmas na obra B



Fonte: A autora.

#### 5.2.2.2.2 Indicadores de RUP estratificadas

Os indicadores calculados são exibidos na Tabela 14 com a estratificação das RUP's diárias nas atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação.

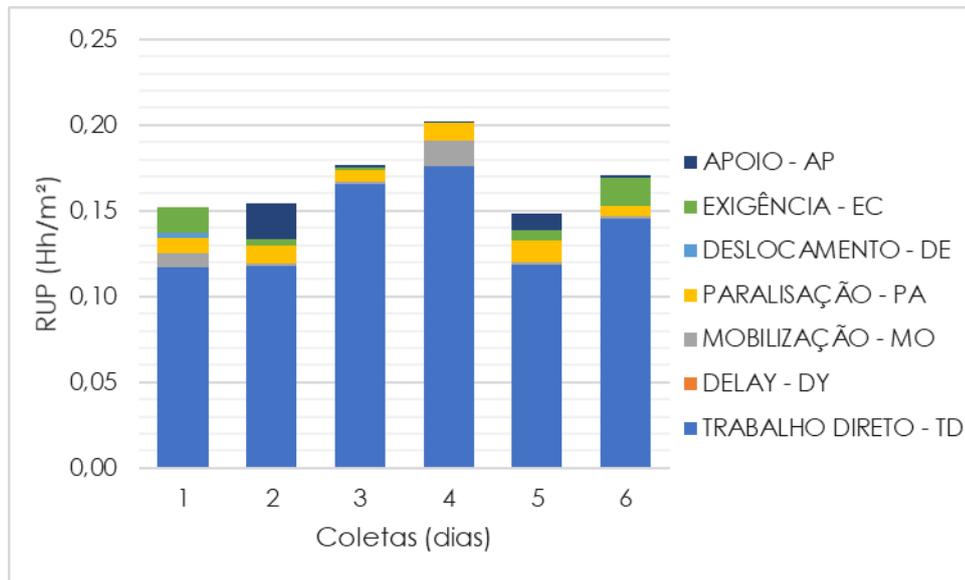
Tabela 14 – RUP's estratificadas (ID1), montagem de fôrmas na obra B

Coletas	RUP ID 1 (Hh/m²)							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,000	0,014	0,004	0,009	0,008	0,000	0,117	<b>0,152</b>
2	0,021	0,004	0,000	0,010	0,002	0,000	0,118	<b>0,154</b>
3	0,001	0,002	0,000	0,006	0,002	0,000	0,165	<b>0,177</b>
4	0,001	0,000	0,000	0,011	0,015	0,000	0,176	<b>0,202</b>
5	0,010	0,006	0,000	0,013	0,002	0,000	0,118	<b>0,148</b>
6	0,001	0,016	0,000	0,007	0,002	0,000	0,145	<b>0,171</b>
Cumulativa	0,006	0,007	0,001	0,009	0,005	0,000	0,140	<b>0,167</b>

Fonte: A autora.

A Figura 69 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 14.

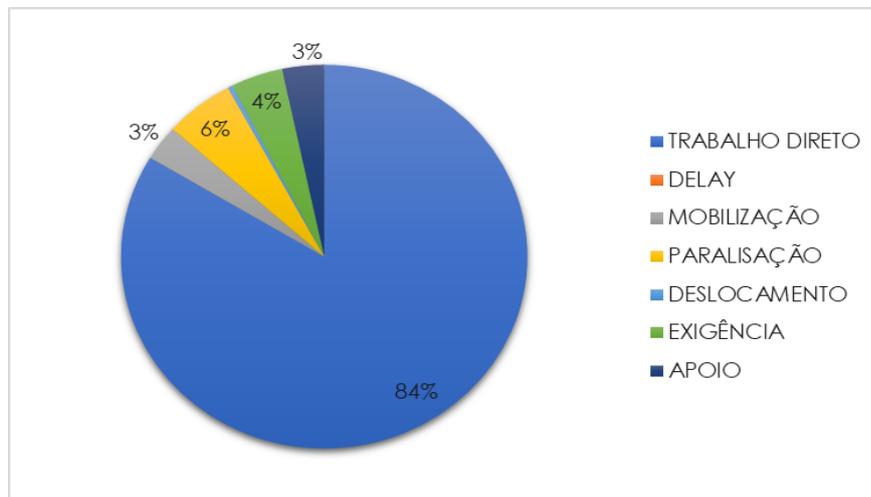
Figura 69 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de fôrmas na obra B



Fonte: A autora.

A Figura 70 representa percentualmente a participação de cada ocupação no ID1 na RUP cumulativa durante o período de coleta.

Figura 70 – Percentual das atividades ID1, montagem de fôrmas na obra B

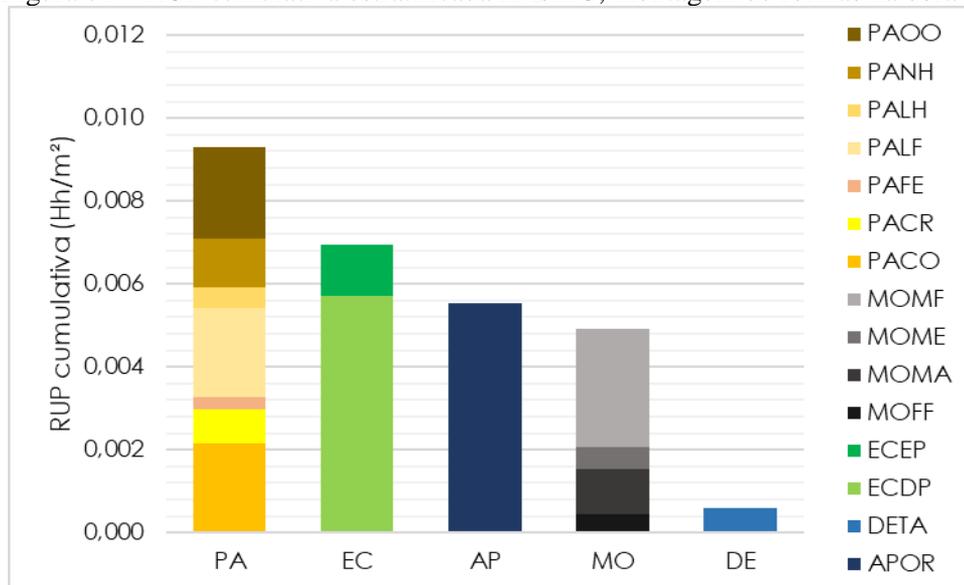


Fonte: A autora.

Assim como no serviço de montagem de armaduras, durante a coleta de dados para o serviço de montagem de fôrmas houve dois dias em que ocorreu o diálogo de segurança semanal, que foram as coletas de nº 1 e 6. A coleta de nº 2 representa o maior tempo despendido com a atividade de apoio, neste dia no início do dia os montadores organizaram a área antes da montagem das fôrmas.

O serviço de montagem de fôrmas, até mesmo pela rápida execução, apresenta baixa interferência de outras atividades, além do trabalho direto, o qual representa 84% da RUP cumulativa. A Figura 71 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 71 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de fôrmas na obra B



Fonte: A autora.

A Figura 71 evidencia a diversidade de atividades que influenciaram na RUP, para o serviço de montagem de fôrmas na obra B, apesar de representarem apenas 16% da RUP cumulativa. Destaca-se a influência das paralisações, que inibem a produtividade, por: ócio (PAOO), necessidade humanas (PANH), liberação de frente (PALF) e conversas (PACO). Ressalta-se também as atividades de diálogo periódico (ECDP), a organização da área (APOR), e a mobilização de fôrmas (MOMF), escoras (MOME) e acessórios (MOMA), como atividades auxiliares ao trabalho direto.

### 5.2.2.3 Obra C

#### 5.2.2.3.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de montagem de fôrmas na obra C foram obtidas seis RUP's diárias. Na Tabela 15 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por metro quadrado (Hh/m²).

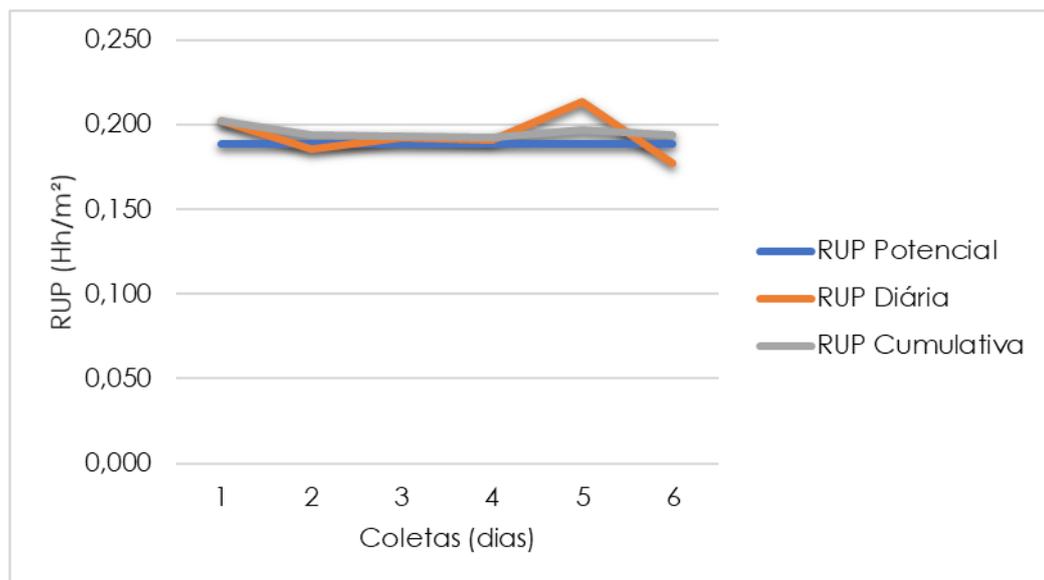
Tabela 15 – RUP's montagem de fôrmas na obra C

Coletas	Hh		QS (m <sup>2</sup> )		RUP (Hh/m <sup>2</sup> )		RUP Pot
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	138,53	138,53	684,93	684,93	<b>0,202</b>	0,202	<b>0,188</b>
2	127,07	265,60	684,93	1369,85	<b>0,186</b>	0,194	
3	151,20	416,80	787,07	2156,92	<b>0,192</b>	0,193	
4	130,75	547,55	684,93	2841,84	<b>0,191</b>	0,193	
5	167,82	715,37	787,07	3628,91	<b>0,213</b>	0,197	
6	121,43	836,80	684,93	4313,84	<b>0,177</b>	<b>0,194</b>	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 15 são expressas graficamente na Figura 72.

Figura 72 – Representação gráfica das RUP's, montagem de fôrmas na obra C



Fonte: A autora.

A RUP diária variou entre 0,177 e 0,213 Hh/m<sup>2</sup>. A RUP potencial, no valor de 0,188 Hh/m<sup>2</sup>, representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados.

#### 5.2.2.3.2 Indicadores de RUP estratificadas

Os indicadores calculados são exibidos na Tabela 16 com a estratificação das RUP's diárias nas atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação.

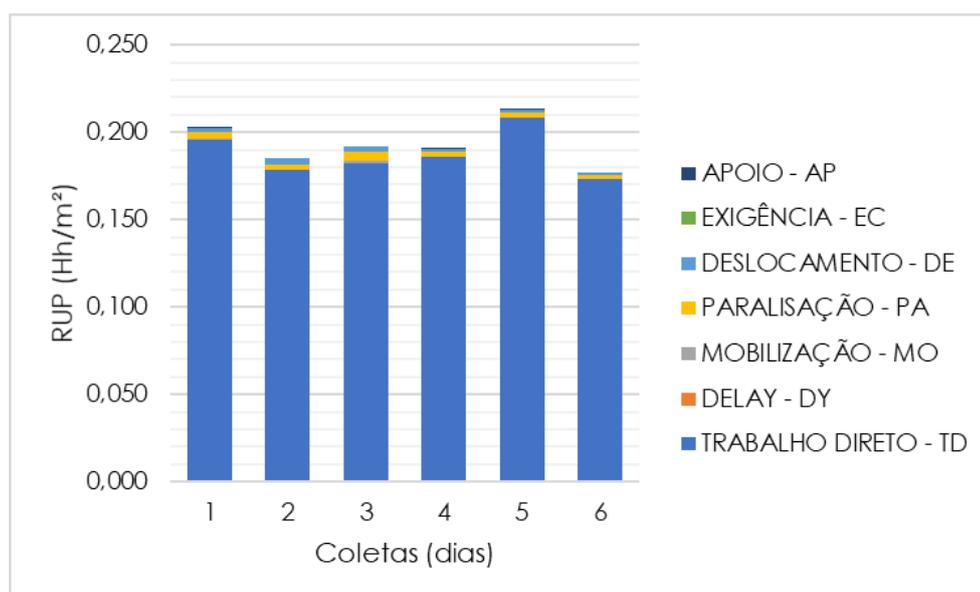
Tabela 16 – RUP's estratificadas (ID1), montagem de fôrmas na obra C

Coletas	RUP ID 1 (Hh/m <sup>2</sup> )							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,000	0,000	0,002	0,004	0,001	0,000	0,196	<b>0,202</b>
2	0,000	0,000	0,004	0,003	0,000	0,000	0,179	<b>0,186</b>
3	0,000	0,000	0,003	0,005	0,001	0,000	0,182	<b>0,192</b>
4	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,186	<b>0,191</b>
5	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,209	<b>0,213</b>
6	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000	0,173	<b>0,177</b>
Cumulativa	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,188	<b>0,194</b>

Fonte: A autora.

A Figura 73 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 16.

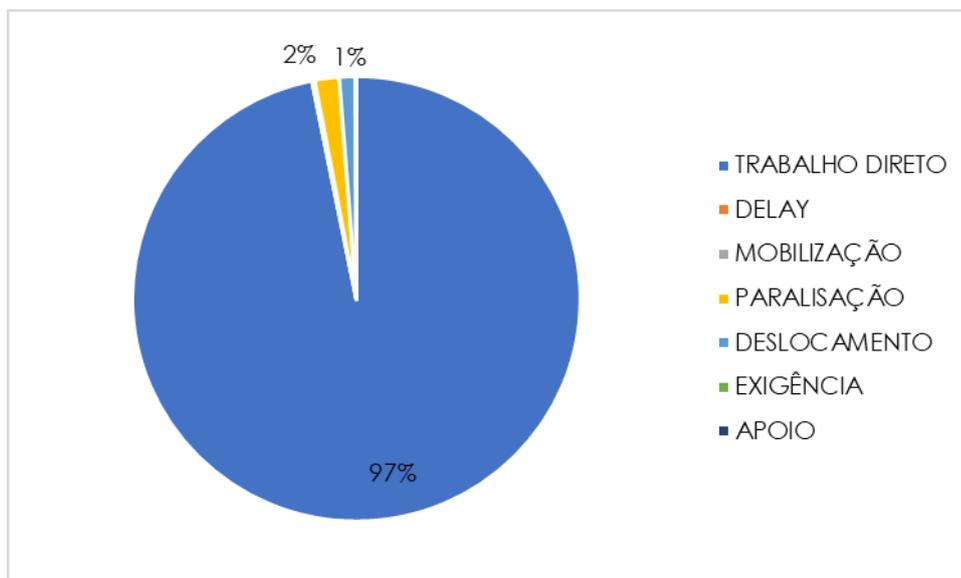
Figura 73 - RUP's estratificadas (ID1) para montagem de fôrmas na obra C



Fonte: A autora.

A Figura 74 representa percentualmente a participação de cada ocupação no ID1 na RUP cumulativa durante o período de coleta. A obra C apresentou, assim como as demais obras, baixa interferência de outras atividades na execução de montagem de fôrmas. A representatividade do trabalho direto foi de 97% da RUP.

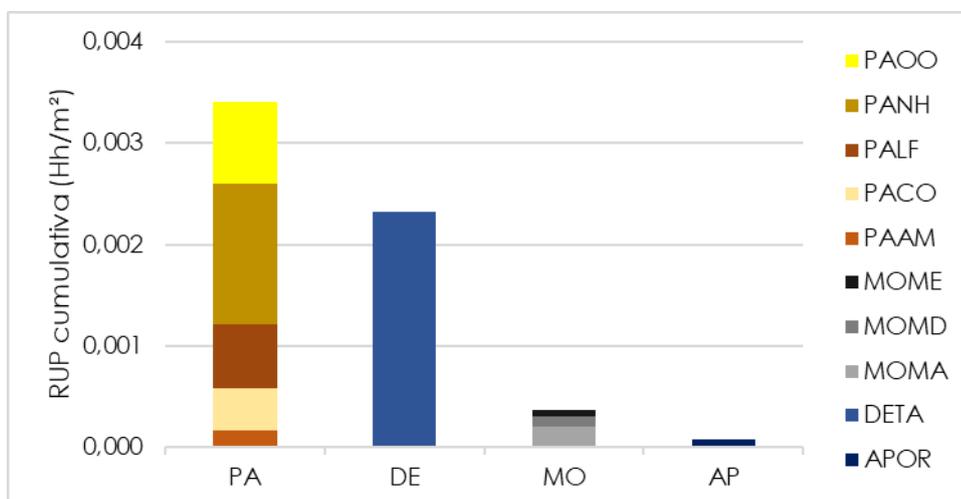
Figura 74 – Percentual das atividades ID1, montagem de fôrmas na obra C



Fonte: A autora.

A Figura 75 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 75 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, montagem de fôrmas na obra C



Fonte: A autora.

As atividades de paralisação representam, apenas 2% da RUP cumulativa e é composta pelas paralisações por ócio (PAOO), necessidades humanas (PANH), liberação de frente (PALF), conversas (PACO) e espera por maquinário (PAAM). O deslocamento ao local de trabalho (DETA) representa aproximadamente 1% da RUP.

#### 5.2.2.4 Análise dos resultados das obras A, B e C para montagem de fôrmas

Na Tabela 17 são apresentados os resultados das RUP's (mínima, máxima, potencial e cumulativa) sem estratificação para o serviço de montagem de fôrmas e o número de indicadores calculados (n) das obras A, B e C.

Tabela 17 – Resumo das RUP's de montagem de fôrmas

Obra	RUP (Hh/m <sup>2</sup> )				Número de coletas
	Mínima	Máxima	Potencial	Cumulativa	
Obra A	0,150	0,237	0,165	0,188	6
Obra B	0,148	0,202	0,152	0,167	6
Obra C	0,177	0,213	0,188	0,194	6

Fonte: A autora.

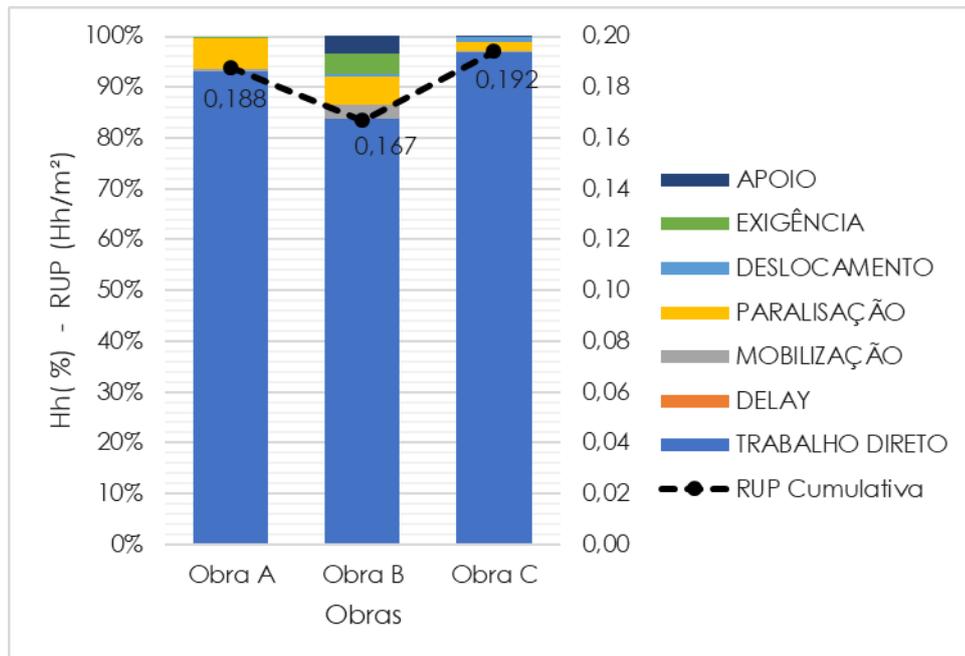
A obra B apresentou os melhores valores para as RUP's mínima, máxima, potencial e cumulativa quando comparado as obras A e C.

A obra A executava a montagem de fôrmas, aproximadamente 530m<sup>2</sup> com 20 montadores, a obra B realizava o serviço com 24 montadores para aproximadamente 560m<sup>2</sup>, e a obra C realizava o serviço com 9 carpinteiros e 10 serventes, um total de 19 funcionários para 680/780m<sup>2</sup>. Mesmo com a menor equipe para a maior quantidade de serviço executado (área de fôrma), a obra C apresenta maior valor para RUP cumulativa, pior resultado, isso porque a quantidade de horas despendidas no serviço era maior, quando comparada as demais obras.

Os valores para RUP's cumulativas e estratificação do tempo, calculados para as obras A, B e C no serviço de montagem de fôrmas, são apresentados na Figura 76. As barras representam o uso percentual do tempo com as atividades no 1º nível (ID1) e a linha pontilhada representa a RUP cumulativa das obras.

A obra B com o melhor resultado de RUP cumulativa, 0,167 Hh/m<sup>2</sup>, pode ser considerada como a obra mais eficiente no serviço de montagem de fôrmas, mesmo apresentando o menor percentual de tempo despendido com o trabalho direto. A obra C, apesar de apresentar a maior RUP cumulativa, de 0,194 Hh/m<sup>2</sup>, apresenta o maior percentual de trabalho direto.

Figura 76 – RUP's cumulativas ID1, montagem de fôrmas



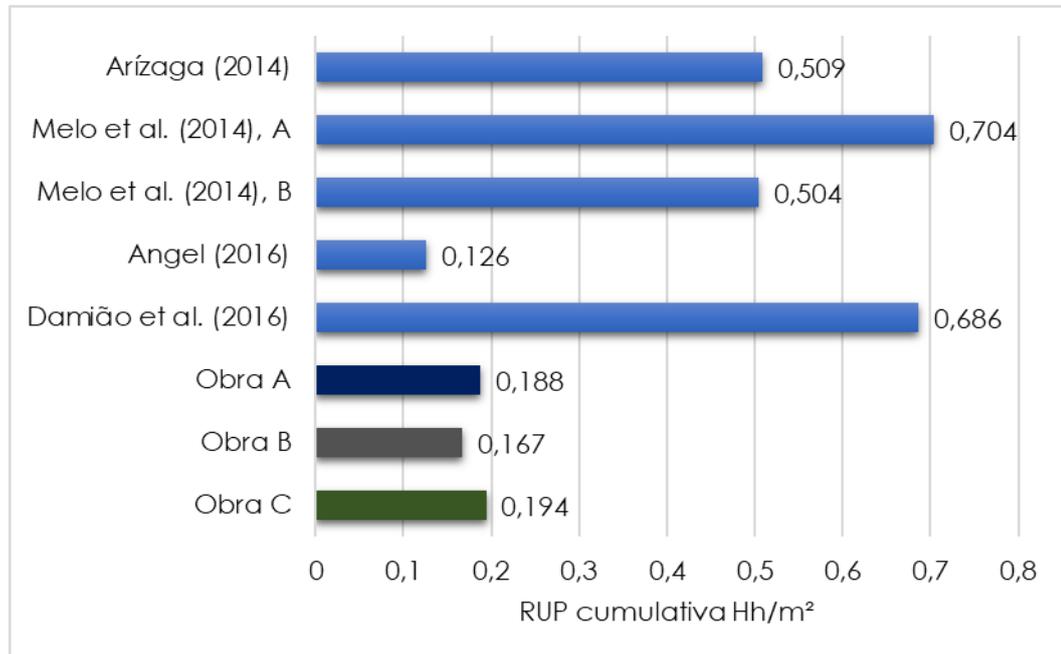
Fonte: A autora.

Para o serviço de montagem de fôrmas, as atividades classificadas como auxiliares e improdutivas não apresentam interferências significativas como na etapa de montagem de armadura. O serviço pode ser considerado rápido e contínuo; as fôrmas de alumínio são reutilizadas por diversas vezes; e seus painéis são de encaixe perfeito, não sendo necessárias a fabricação de complementos ou as adaptações no canteiro, características que permitem a mão de obra montar a fôrma de maneira (quase) ininterrupta. Salienta-se que o serviço de montagem de fôrmas, em ambas as obras, durava até o início da tarde.

#### 5.2.2.5 Análise comparativa dos resultados com estudos de referências

Para o serviço de montagem de fôrmas, a Figura 77 apresenta os indicadores obtidos para as obras A, B e C comparados a indicadores de referência, apresentadas pelos autores Arízaga (2014), Melo et al. (2014), Angel (2016) e Damião et al. (2016).

Figura 77 – Comparação das RUP's de montagem de fôrmas das obras A, B e C com estudos anteriores



Fonte: A autora.

A partir dos dados apresentados na Figura 77, verifica-se que os indicadores obtidos nesta pesquisa, para as obras A, B e C, com valores 0,188 0,167 e 0,194 Hh/m<sup>2</sup>, respectivamente, estão próximos do indicador apresentador por Angel (2016), no valor de 0,126 Hh/m<sup>3</sup> e inferior aos indicadores dos demais autores, Arízaga (2014), Melo et al. (2014) e Damião et al. (2016), os quais são superiores a 0,504 Hh/m<sup>2</sup>.

### 5.2.3 Concretagem

#### 5.2.3.1 Obra A

##### 5.2.3.1.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de concretagem de paredes e laje, na obra A, foram coletados dados em seis dias de serviço. Na Tabela 18 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por metro cúbico (Hh/m<sup>3</sup>).

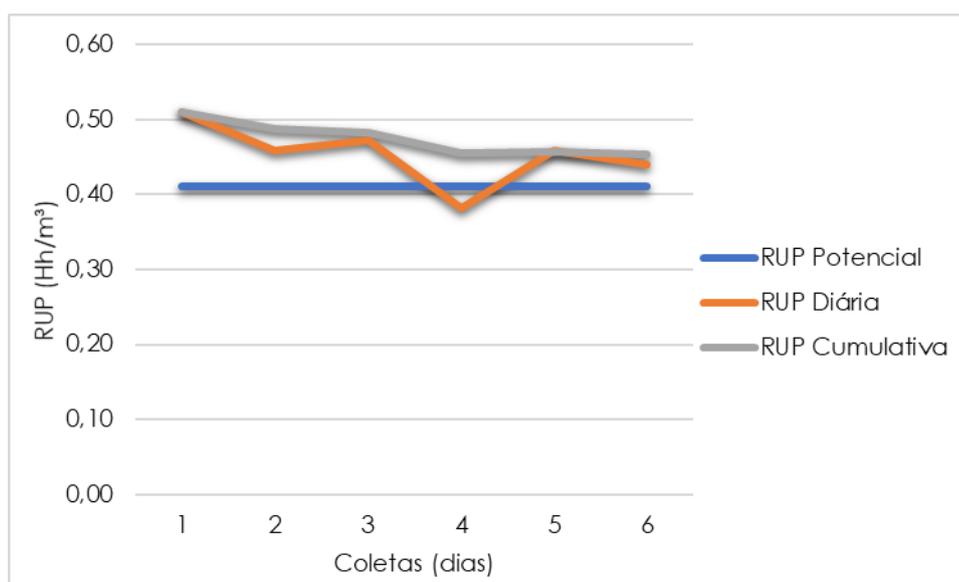
Tabela 18 – RUP's concretagem para obra A

Coletas	Hh		QS (m <sup>3</sup> )		RUP (Hh/m <sup>3</sup> )		RUP Pot
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	18,33	18,33	36,0	36,0	<b>0,509</b>	0,509	<b>0,41</b>
2	11,67	30,00	25,5	61,5	<b>0,458</b>	0,488	
3	17,00	47,00	36,0	97,5	<b>0,472</b>	0,482	
4	13,75	60,75	36,0	133,5	<b>0,382</b>	0,455	
5	16,50	77,25	36,0	169,5	<b>0,458</b>	0,456	
6	13,17	90,42	30,0	199,5	<b>0,439</b>	<b>0,453</b>	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 18 são expressas graficamente na Figura 78.

Figura 78 – Representação gráfica das RUP's, concretagem na obra A



Fonte: A autora.

Observa-se que a RUP diária variou entre 0,382 e 0,509 Hh/m<sup>3</sup>. A RUP potencial, no valor de 0,41 Hh/m<sup>3</sup>, representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados.

#### 5.2.3.1.2 Indicadores de RUP estratificadas

As RUP's diárias estratificadas para as atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação, para o serviço de concretagem de paredes e lajes, são apresentadas na Tabela 19.

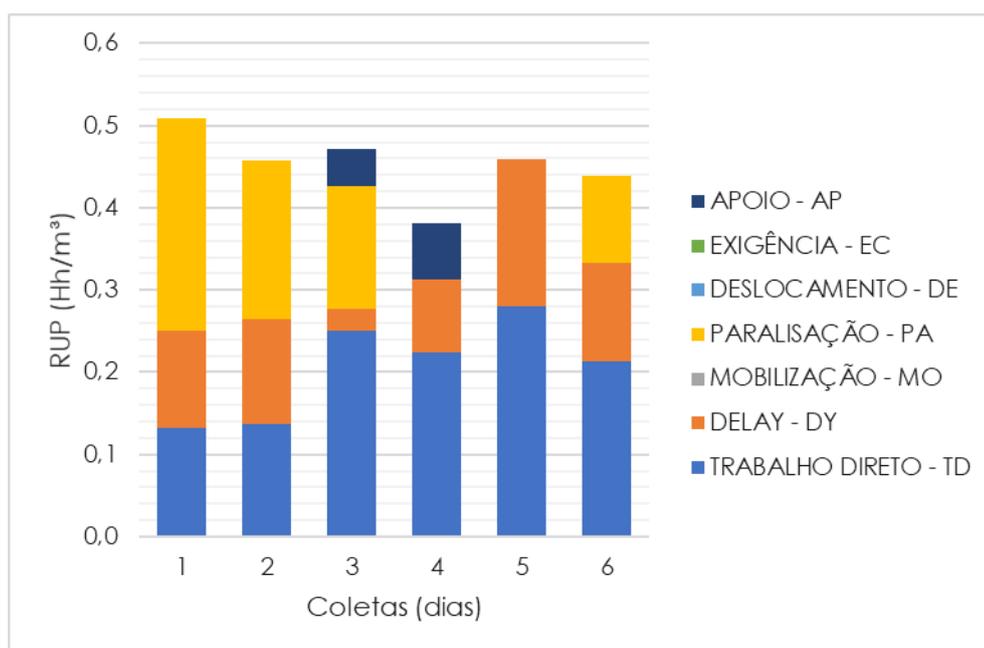
Tabela 19 – RUP's estratificadas (ID1) concretagem na obra A

Coletas	RUP ID 1 (Hh/m <sup>3</sup> )							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,000	0	0	0,259	0	0,118	0,132	0,509
2	0,000	0	0	0,193	0	0,128	0,137	0,458
3	0,046	0	0	0,148	0	0,028	0,250	0,472
4	0,069	0	0	0,000	0	0,088	0,225	0,382
5	0,000	0	0	0,000	0	0,178	0,280	0,458
6	0,000	0	0	0,106	0	0,119	0,214	0,439
Cumulativa	0,021	0	0	0,114	0	0,109	0,210	0,453

Fonte: A autora.

A Figura 79 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 19.

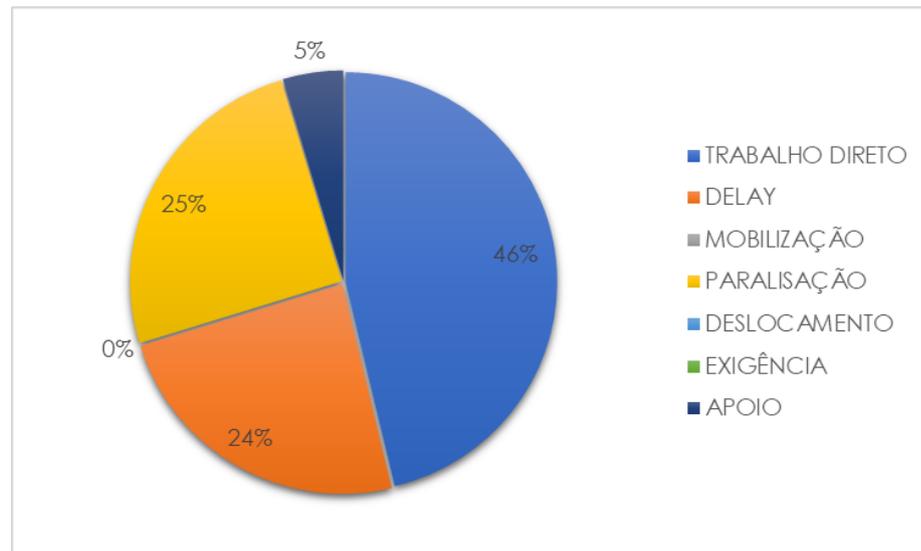
Figura 79 - RUP's estratificadas para concretagem na obra A



Fonte: A autora.

Na Figura 79 observa-se que, durante o período de coleta, houve dias em que não se teve paralisações, como é o caso das coletas de nº 4 e 5, podendo afirmar que nesses dias o fornecimento do concreto foi ininterrupto e que não houve nenhuma paralisação por falta de concreto, e conseqüentemente nesses dias obteve-se as melhores RUP's. A Figura 80 representa percentualmente a participação de cada ocupação no ID1, cumulativa durante o período de coleta.

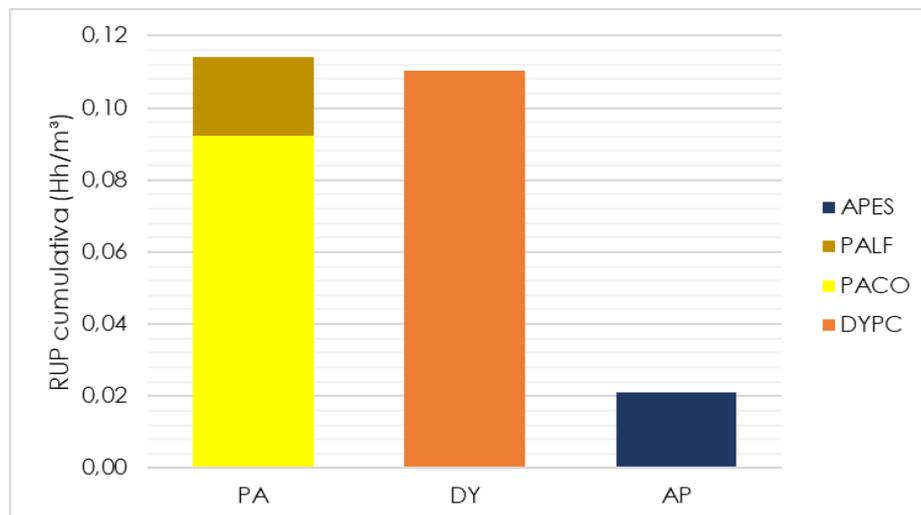
Figura 80 – Percentual das atividades ID1, concretagem na obra A



Fonte: A autora.

A representatividade das atividades classificadas como paralisação, delay e apoio é de 25%, 24% e 5%, respectivamente. A Figura 81 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 81 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, concretagem na obra A



Fonte: A autora.

As paralisações representam prejuízo na produtividade da mão de obra e são causadas pelo atraso no fornecimento do concreto (PACO) e da liberação de frente (PALF), a qual acontecia quando o concreto chegava, a equipe responsável pelo serviço estava disponível, mas a laje ainda não estava concluída. As atividades classificadas como delay representam preparação do caminhão e gorda (DYPC), antes do início da concretagem, apesar da atividade representar

atividade de suporte, os tempos despendidos com o preparo do caminhão podem ser reduzidos. A única atividade de apoio evidenciada foi a aplicação de espaçadores na laje (APES).

### 5.2.3.2 Obra B

#### 5.2.3.2.1 Indicadores de RUP sem estratificação

Para o serviço de concretagem de paredes e lajes, na obra B, foram coletados dados em seis dias de serviço. Na Tabela 20 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por metro cúbico (Hh/m<sup>3</sup>).

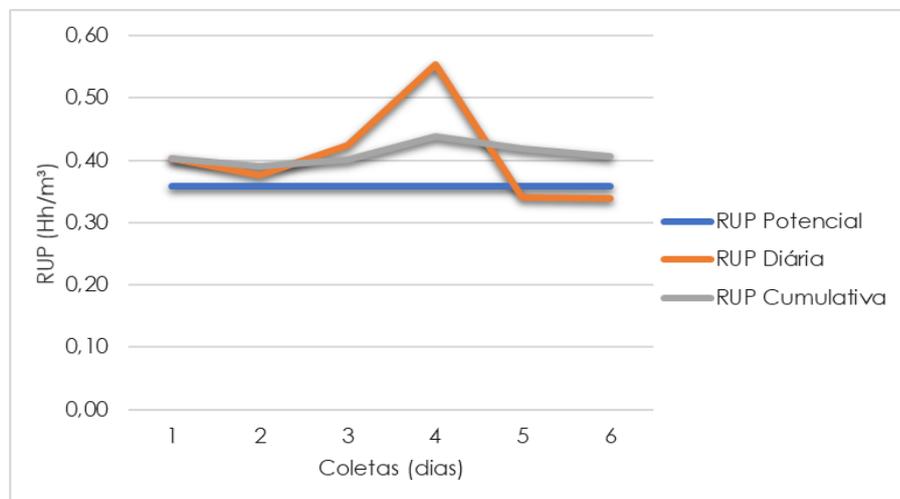
Tabela 20 – RUP's concretagem na obra B

Coletas	Hh		QS (m <sup>3</sup> )		RUP (Hh/m <sup>3</sup> )		RUP Pot
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	12,08	12,08	30	30	<b>0,403</b>	0,403	<b>0,359</b>
2	11,30	23,38	30	60	<b>0,377</b>	0,390	
3	12,73	36,12	30	90	<b>0,424</b>	0,401	
4	16,60	52,72	30	120	<b>0,553</b>	0,439	
5	10,25	62,97	30	150	<b>0,342</b>	0,420	
6	10,17	73,13	30	180	<b>0,339</b>	<b>0,406</b>	

Fonte: A autora.

As RUP's apresentadas na Tabela 20 são expressas graficamente na Figura 82.

Figura 82 – Representação gráfica das RUP's concretagem na obra B



Fonte: A autora.

A RUP diária variou entre 0,339 e 0,553 Hh/m<sup>3</sup>. A RUP potencial, no valor de 0,359 Hh/m<sup>3</sup>, representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados.

#### 5.2.3.2.2 Indicadores de RUP estratificadas

As RUP's diárias estratificadas para as atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação, para o serviço de concretagem de paredes e lajes, são apresentadas na Tabela 21.

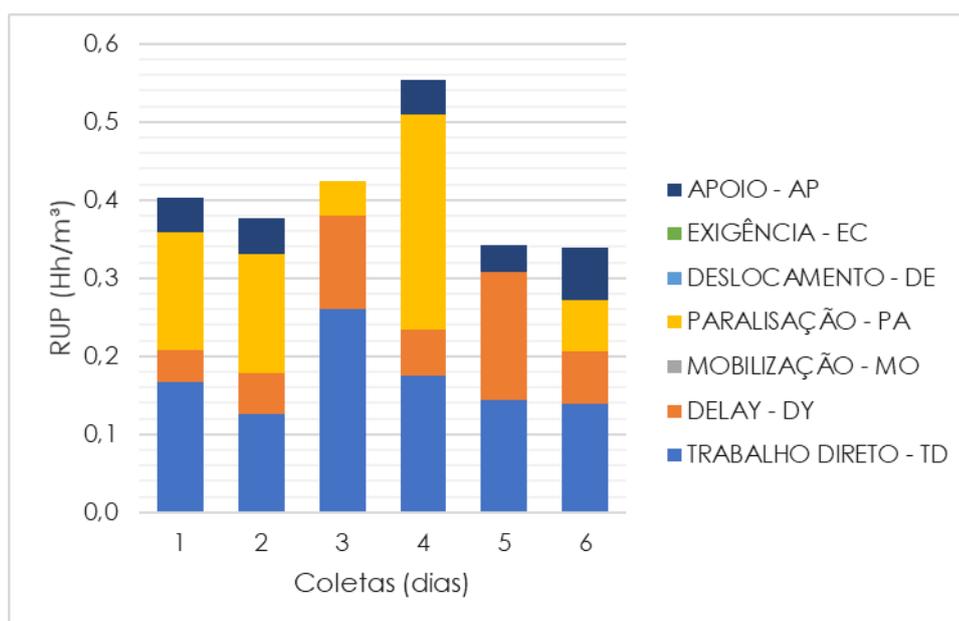
Tabela 21 – RUP's estratificadas (ID1) concretagem na obra B

Coletas	RUP ID 1 (Hh/m <sup>3</sup> )							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,044	0	0	0,151	0	0,040	0,167	<b>0,403</b>
2	0,047	0	0	0,151	0	0,053	0,126	<b>0,377</b>
3	0,000	0	0	0,044	0	0,120	0,260	<b>0,424</b>
4	0,044	0	0	0,276	0	0,058	0,176	<b>0,553</b>
5	0,033	0	0	0,000	0	0,164	0,144	<b>0,342</b>
6	0,067	0	0	0,067	0	0,067	0,139	<b>0,339</b>
Cumulativa	0,039	0	0	0,115	0	0,084	0,169	<b>0,406</b>

Fonte: A autora.

A Figura 83 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 21.

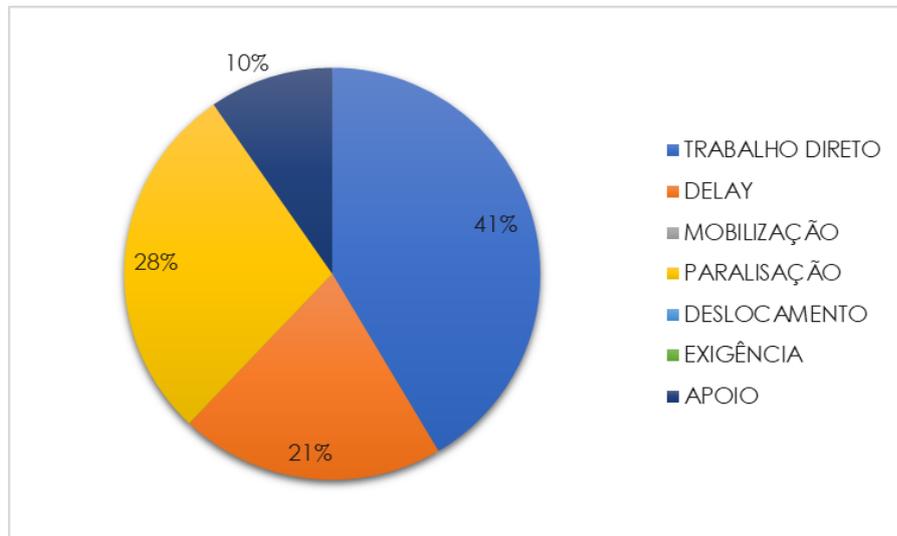
Figura 83 - RUP's estratificadas para concretagem na obra B



Fonte: A autora.

Observa-se na Figura 83 que a participação do trabalho direto na RUP diária, tem baixa representatividade e as atividades de paralisações têm representatividade marcante, principalmente na coleta de n°4. A Figura 84 representa percentualmente a participação de cada ocupação no ID1, cumulativa durante o período de coleta.

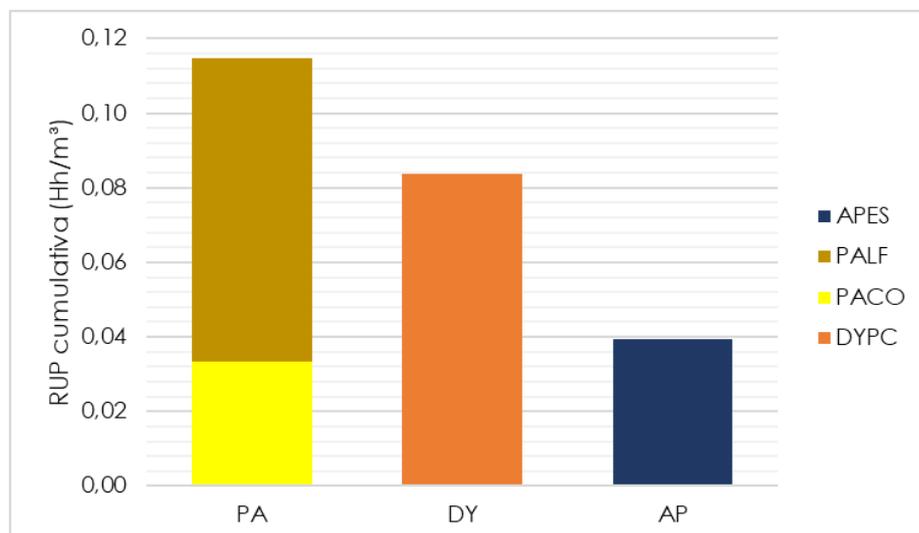
Figura 84 – Percentual das atividades ID1, concretagem na obra B



Fonte: A autora.

A Figura 85 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível.

Figura 85 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, concretagem na obra B



Fonte: A autora.

Curiosamente na obra B, durante a coleta de dados, houve mais paralisações por liberação de frente (PALF) do que por atraso de concreto (PACO), o que evidencia falta de planejamento na obra. Ou seja, 14,64 Homens-hora foram despendidos com a equipe de concretagem parada esperando a liberação da laje e 6 Homens-hora foram despendidos com paralisações à espera do concreto. As atividades classificadas como delay representam a preparação do caminhão e

gorda (DYPC), antes do início da concretagem. Apesar da atividade representar atividade de suporte, os tempos despendidos com o preparo de caminhões podem ser reduzidos.

### 5.2.3.3 Obra C

#### 5.2.3.3.1 Indicadores de RUP sem estratificação

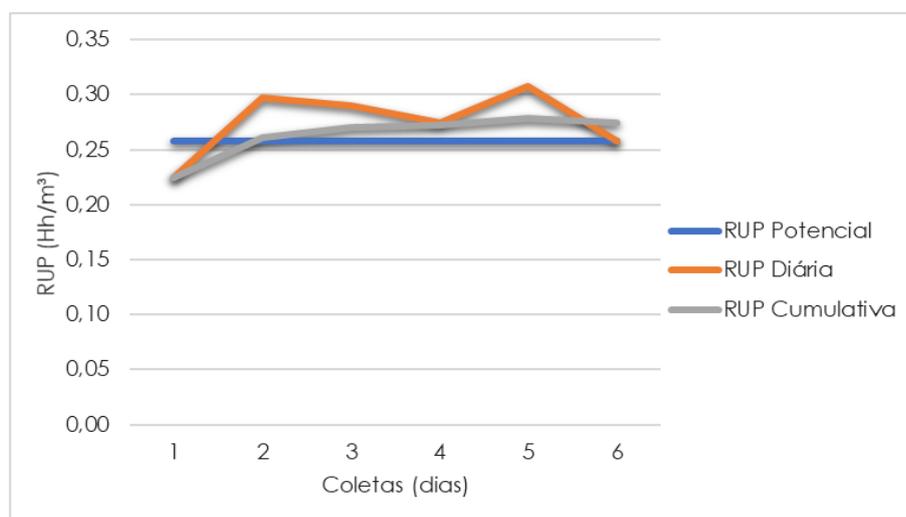
Na Tabela 22 são apresentados os tempos coletados (Hh) em cada dia, a quantidade de serviço (QS) executada, e os valores calculados para RUP diária, cumulativa (Cum) e potencial (Pot) em Homens-hora por metro cúbico (Hh/m<sup>3</sup>), para o serviço de concretagem de paredes e lajes, na obra C. As RUP's apresentadas na Tabela 22 são expressas graficamente na Figura 86.

Tabela 22 – RUP's concretagem para obra A

Coletas	Hh		QS (m <sup>3</sup> )		RUP (Hh/m <sup>3</sup> )		RUP Pot
	Diária	Cum	Diária	Cum	Diária	Cum	
1	8,33	8,33	37	37	<b>0,225</b>	0,225	<b>0,258</b>
2	11,00	19,33	37	74	<b>0,297</b>	0,261	
3	10,73	30,07	37	111	<b>0,290</b>	0,271	
4	14,53	44,60	53	164	<b>0,274</b>	0,272	
5	11,40	56,00	37	201	<b>0,308</b>	0,279	
6	13,40	69,40	52	253	<b>0,258</b>	<b>0,274</b>	

Fonte: A autora.

Figura 86 – Representação gráfica das RUP's, concretagem na obra C



Fonte: A autora.

Observa-se que a RUP diária variou entre 0,225 e 0,308 Hh/m<sup>3</sup>. A RUP potencial, no valor de 0,258 Hh/m<sup>3</sup>, representa um valor factível em função dos valores de RUP diária coletados.

### 5.2.3.3.2 Indicadores de RUP estratificadas

As RUP's diárias estratificadas para as atividades que correspondem ao 1º nível de ocupação, para o serviço de concretagem de paredes e lajes, são apresentadas na Tabela 23.

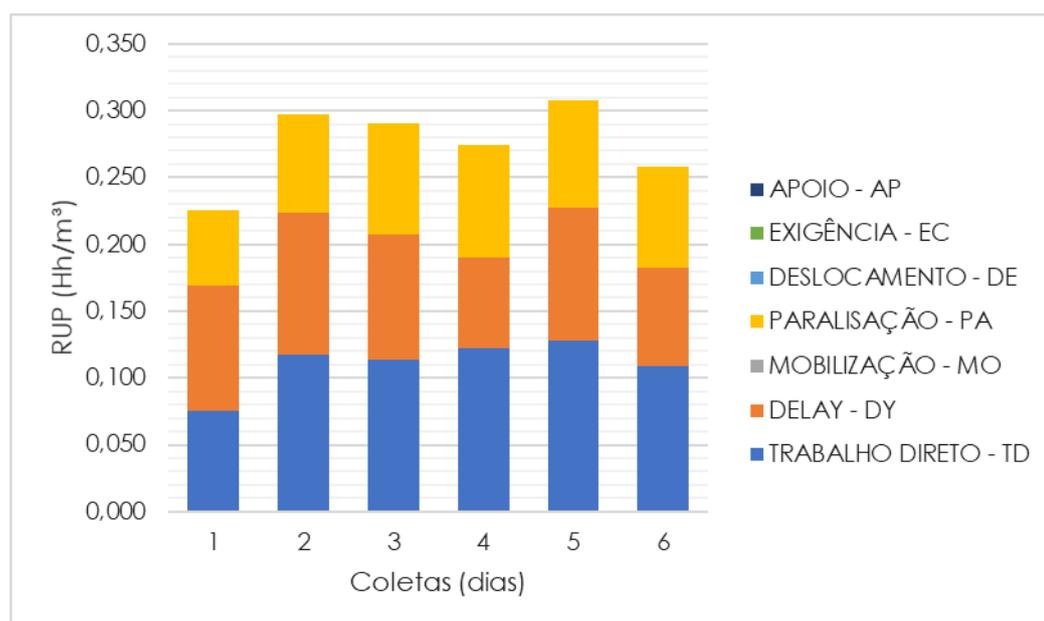
Tabela 23 – RUP's estratificadas (ID1) concretagem na obra C

Coletas	RUP ID 1 (Hh/m <sup>3</sup> )							RUP diária
	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD	
1	0,000	0,000	0,000	0,056	0,000	0,094	0,076	0,225
2	0,000	0,000	0,000	0,074	0,000	0,106	0,117	0,297
3	0,000	0,000	0,000	0,083	0,000	0,094	0,114	0,290
4	0,000	0,000	0,000	0,084	0,000	0,068	0,122	0,274
5	0,000	0,000	0,000	0,081	0,000	0,099	0,128	0,308
6	0,000	0,000	0,000	0,076	0,000	0,073	0,109	0,258
Cumulativa	0,000	0,000	0,000	0,076	0,000	0,087	0,111	0,274

Fonte: A autora.

A Figura 87 representa graficamente os valores apresentados na Tabela 23.

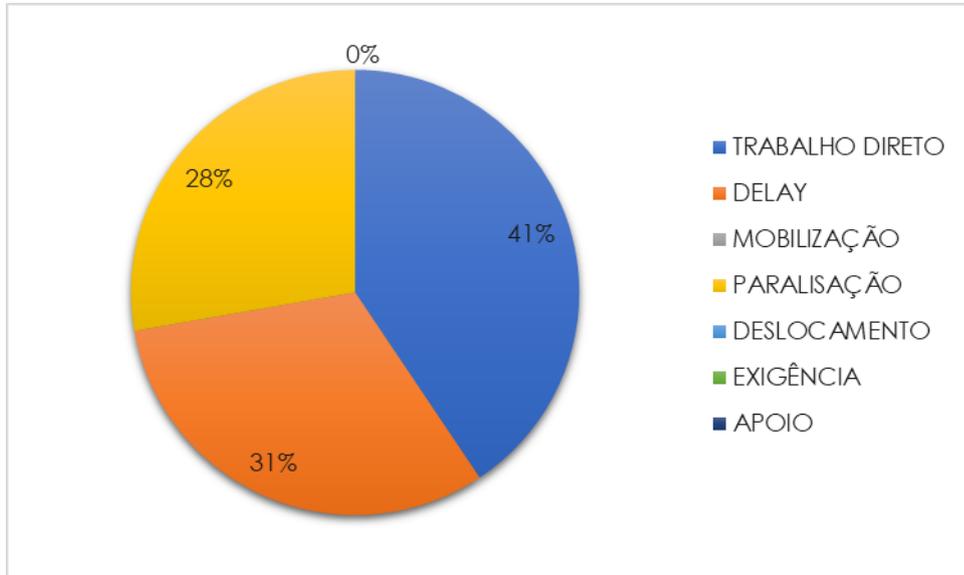
Figura 87 - RUP's estratificadas para concretagem na obra C



Fonte: A autora.

Pode-se afirmar que todos os dias de coleta houve paralisações e delay, durante a execução do serviço de concretagem. A Figura 88 representa percentualmente a participação de cada ocupação no ID1, cumulativa durante o período de coleta.

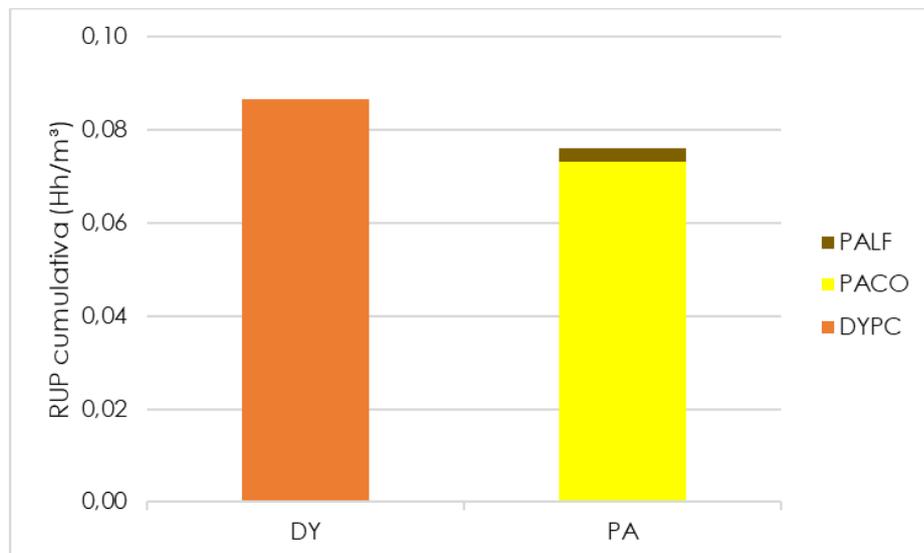
Figura 88 – Percentual das atividades ID1, concretagem na obra C



Fonte: A autora.

A representatividade das atividades classificadas como delay e paralisação é de 31% e 28%, respectivamente. Destaca-se a paralisação por falta de concreto, ou seja, atraso no fornecimento do concreto e/ou fornecimento intermitente. As atividades definidas por delay são aquelas necessárias para o serviço, como a realização de slump test. A Figura 89 apresenta a RUP cumulativa estratificada considerando o segundo e terceiro nível de atividades, ID2 e ID3.

Figura 89 – RUP cumulativa estratificada ID2/ID3, concretagem na obra C



Fonte: A autora.

A atividade de preparação do caminhão após sua chegada na obra (DYPC) é classificada como delay (ID1: DY) e considerada como atividade de suporte. As paralisações representam prejuízo na produtividade da mão de obra e são causadas pelo atraso no fornecimento do concreto (PACO), e da liberação de frente (PALF). Apesar de a construtora fabricar o próprio concreto, durante a etapa de concretagem a equipe ficava parada esperando por concreto, isso devido ao número de caminhões betoneiras envolvidos com o serviço.

#### 5.2.3.4 Análise dos resultados das obras A, B e C para concretagem

Na Tabela 24 são exibidos os resultados das RUP's (mínima, máxima, potencial e cumulativa) sem estratificação para o serviço de concretagem de paredes e lajes e o número de indicadores calculados (n) nas obras A, B e C.

Tabela 24 – Resumo das RUP's de montagem de fôrmas

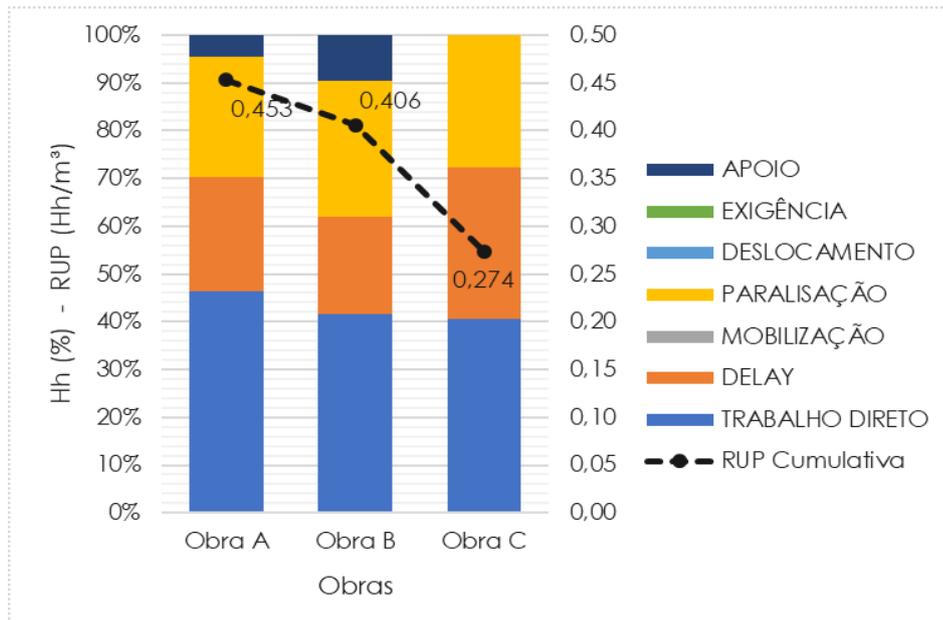
Obra	RUP (Hh/m <sup>3</sup> )				Número de coletas
	Mínima	Máxima	Potencial	Cumulativa	
Obra A	0,382	0,509	0,410	0,453	6
Obra B	0,339	0,553	0,359	0,406	6
Obra C	0,225	0,308	0,258	0,274	6

Fonte: A autora.

Os valores para RUP's cumulativas e estratificação do tempo, calculados para as obras A, B e C no serviço de concretagem de paredes e lajes, são apresentados na Figura 90. As barras representam o uso percentual do tempo com as atividades no 1º nível (ID1) e a linha pontilhada representa a RUP cumulativa das obras.

As obras A e B tiveram RUP's cumulativas próximas para o serviço de concretagem, 0,453 e 0,406 Hh/m<sup>3</sup>, enquanto a obra C teve RUP de 0,274 Hh/m<sup>3</sup>. A obra C apresentou os melhores resultados para as RUP's mínima, máxima, potencial e cumulativa. Pode-se afirmar que tal eficiência é resultante principalmente de dois fatores, são eles: o uso de concreto auto-adensável, o que permite uma redução da equipe envolvida no serviço (4 funcionários); e o fornecimento do concreto ser realizado pela própria construtora, minimizando as paralisações por falta de concreto. O fornecimento de concreto nas obras A e B era realizado por empresas terceirizadas, como citado anteriormente, e as obras utilizavam concreto convencional.

Figura 90 – RUP's cumulativas ID1, concretagem



Fonte: A autora.

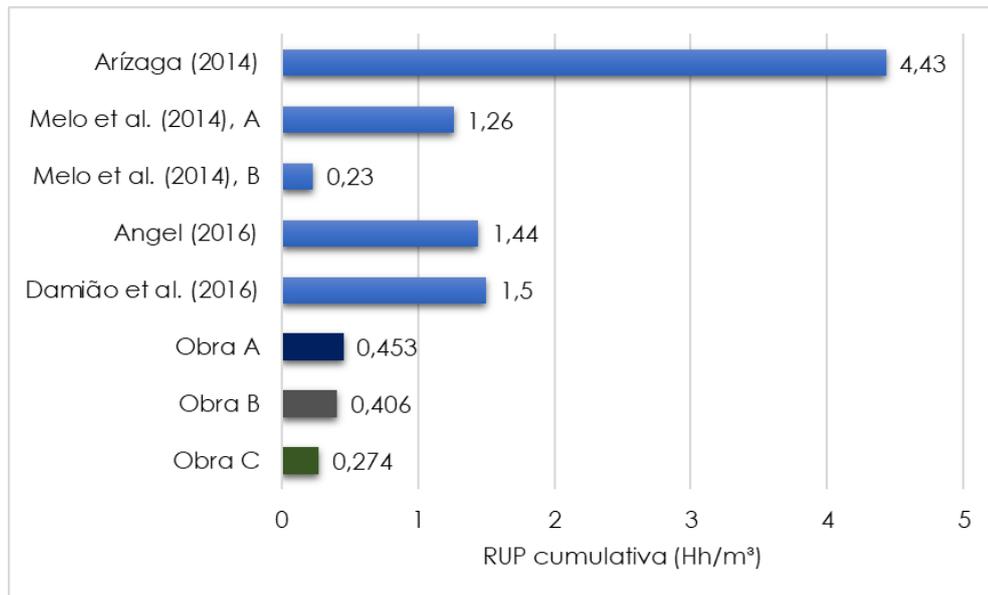
O serviço de concretagem de paredes e lajes, nas obras estudadas, são influenciados principalmente pela paralisação por falta de concreto (atraso), pela espera pela liberação da laje para início da concretagem e pela preparação do caminhão na chegada à obra.

#### 5.2.3.5 Análise comparativa dos resultados com estudos de referências

Para o serviço de concretagem, a Figura 91 apresenta os indicadores obtidos para as obras A, B e C comparados a indicadores de referência, de estudos anteriores. As pesquisas apresentadas pelos autores Arízaga (2014), Melo et al. (2014), Angel (2016) e Damião et al. (2016) foram realizadas em obras com o uso do sistema parede de concreto, mas não utilizaram a metodologia da estratificação da produtividade, por isso a análise comparativa refere-se apenas a RUP cumulativa.

Verifica-se na Figura 91 que os indicadores de RUP cumulativa obtidos nesta pesquisa, para as obras A, B e C, com valores 0,453, 0,409 e 0,274 Hh/m³, respectivamente, estão próximos do indicador apresentado por Melo et al. (2014), no valor de 0,23 Hh/m³, o menor dos indicadores apresentados. Arízaga (2014) apresentou RUP cumulativa no valor de 4,43 Hh/m³, maior valor quando comparado aos outros estudos.

Figura 91 – Comparação das RUP's de concretagem das obras A, B e C com estudos anteriores



Fonte: A autora.

Os valores apresentados na Figura 91 para a etapa de concretagem são desconformes, o que pode ser associado às características de execução do serviço distintas em diversos locais, como: tamanho da equipe envolvida no serviço; tipo de concreto utilizado; tecnologia utilizada para lançamento do concreto; e tipo de fornecimento de concreto.

### 5.3 Análise Geral dos resultados

A seguir todos os resultados obtidos nesta dissertação são agrupados na Tabela 25, na qual é possível observar a equipe envolvida; a quantidade de serviço, média dos ciclos; número de coletas por serviço; os valores de RUP mínima, máxima, potencial e cumulativa; assim como os valores para estratificação da RUP cumulativa para o nível ID1.

Tabela 25 – Resumo geral dos resultados

Serviço	Obra	Equipe	QS média (kg)	Número coletas	RUP sem estratificação (Hh/kg)				RUP Cumulativa estratificada ID1 ( Hh/kg)						
					Mín	Máx	Pot	Cum	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD
Montagem de armaduras	Obra A	7	947	8	0,037	0,061	0,042	0,046	0,003	0,001	0,001	0,004	0,008	0,001	0,028
	Obra B	8	1432	5	0,037	0,041	0,037	0,039	0,003	0,001	0,001	0,006	0,004	0,001	0,024
	<b>Obra C</b>	<b>6</b>	<b>1492</b>	<b>6</b>	<b>0,025</b>	<b>0,040</b>	<b>0,030</b>	<b>0,032</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<b>0,004</b>	<b>0,002</b>	<b>0,000</b>	<b>0,024</b>
Serviço	Obra	Equipe	QS média (m <sup>2</sup> )	Número coletas	RUP sem estratificação (Hh/m <sup>2</sup> )				RUP Cumulativa estratificada ID1 ( Hh/m <sup>2</sup> )						
					Mín	Máx	Pot	Cum	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD
Montagem de fôrmas	Obra A	20	516	6	0,150	0,237	0,165	0,188	0,000	0,001	0,000	0,012	0,001	0,000	0,175
	<b>Obra B</b>	<b>24</b>	<b>548</b>	<b>6</b>	<b>0,148</b>	<b>0,202</b>	<b>0,152</b>	<b>0,167</b>	<b>0,006</b>	<b>0,007</b>	<b>0,001</b>	<b>0,009</b>	<b>0,005</b>	<b>0,000</b>	<b>0,140</b>
	Obra C	19	735	6	0,177	0,213	0,188	0,194	0,000	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,188
Serviço	Obra	Equipe	QS média (m <sup>3</sup> )	Número coletas	RUP sem estratificação (Hh/m <sup>3</sup> )				RUP Cumulativa estratificada ID1 ( Hh/m <sup>3</sup> )						
					Mín	Máx	Pot	Cum	AP	EC	DE	PA	MO	DY	TD
Concretagem	Obra A	5	30,75	6	0,382	0,509	0,410	0,453	0,021	0,000	0,000	0,114	0,000	0,109	0,210
	Obra B	8	30	6	0,339	0,553	0,359	0,406	0,039	0,000	0,000	0,115	0,000	0,084	0,169
	<b>Obra C</b>	<b>4</b>	<b>44,5</b>	<b>6</b>	<b>0,225</b>	<b>0,308</b>	<b>0,258</b>	<b>0,274</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,076</b>	<b>0,000</b>	<b>0,087</b>	<b>0,111</b>

Fonte: A autora.

Para o serviço de montagem de armaduras, observa-se na Tabela 25 que a obra C obteve os melhores resultados. Além da análise do item 5.2.1, pode-se afirmar que os melhores resultados da obra C são consequentes da eficácia da mão de obra, visto que a obra, quando comparada as obras A e B, possui a menor equipe e executa uma maior quantidade de serviço.

Os indicadores obtidos para montagem de fôrmas reiteram a industrialização e velocidade do sistema. Para tal etapa, a obra B apresentou os melhores resultados. A obra C possui a menor equipe envolvida no serviço e maior quantidade de serviço executada, porém não obteve indicadores tão bons quanto os da obra B, isso porque o tempo despendido para execução do serviço foi maior.

A obra C apresentou os melhores resultados para a etapa de concretagem, o que está associado diretamente ao uso do concreto auto-adensável, e conseqüentemente uma menor equipe envolvida na execução. Considerando todos os resultados apresentados na Tabela 25, pode-se afirmar que a obra C obteve o melhor desempenho, considerando a execução das três etapas, montagem de fôrmas, montagem de armaduras e concretagem.

O Quadro 12 lista os principais fatores influenciadores da produtividade da mão de obra identificados por este estudo, considerando as etapas de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem.

Quadro 12 – Principais fatores influenciadores identificados

Montagem de armaduras	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Uso de equipamento para transporte do material dentro do canteiro</li> <li>✓ Planejamento e organização, para evitar a espera por liberação de frente (PALF)</li> <li>✓ Compra do aço cortado e dobrado</li> <li>✓ Logística de canteiro, estoque do material próximo ao local de aplicação</li> </ul>
Montagem de fôrmas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planejamento e organização, para evitar a espera por equipamento</li> <li>✓ Uso de fôrmas de alumínio</li> </ul>
Concretagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilização de concreto auto-adensável, e conseqüentemente otimização da equipe envolvida</li> <li>✓ Relacionamento com empresa fornecedora de concreto, para evitar atrasos</li> <li>✓ Planejamento e organização, para evitar a espera por liberação de frente (PALF)</li> <li>✓ Eficiência das etapas, por exemplo, a preparação do caminhão betoneira</li> </ul>

Fonte: Autora.

## 6 CONCLUSÕES

### 6.1 Considerações finais

O Modelo de Estratificação representa um avanço no entendimento da produtividade da mão de obra e os motivos para sua variação, visto que identifica como o tempo é utilizado ao longo de um dia de trabalho. O potencial do modelo de estratificação consiste na gestão da construção através da produtividade da mão de obra. E o modelo representa uma ferramenta que contribui para desenvolvimento do país, uma vez que existe uma deficiência na produtividade no setor da construção civil.

Esta dissertação utilizou o modelo para avaliação da produtividade da mão de obra no sistema parede de concreto, especificamente nas etapas de montagem de armaduras, montagem de fôrmas e concretagem de paredes e lajes, por se tratar de um sistema com utilização em ascensão no atual cenário brasileiro. Como resultados, foram apresentados 55 valores de RUP's diárias, além dos valores para as RUP's cumulativas e potenciais analisadas.

Para o serviço de montagem de armaduras, as RUP's diárias variaram entre 0,025 e 0,061 Hh/kg. Os níveis de ocupação que apresentaram maiores relevâncias foram as atividades de mobilização, paralisação e apoio. Pode-se concluir que os principais motivos que inibiram a produtividade da mão de obra, no serviço de montagem de armaduras, foram: o transporte de aço dentro do canteiro, seja com equipamento ou manual; a logística do canteiro, enfatizando a disposição dos estoques de aço; a espera por liberação de frente de serviço, principalmente a liberação da laje; e o ócio da mão de obra.

O serviço de montagem de fôrmas apresentou RUP's com valores entre 0,148 e 0,237 Hh/m<sup>2</sup>. As características do serviço são muito parecidas nas obras estudadas. Durante a coleta de dados foram poucos os tempos despendidos com paralisações ou realização de outras atividades, além do trabalho direto, evidenciando a eficiência do serviço. As fôrmas de alumínio utilizadas são duráveis e não necessitam de adaptação *in loco* para realização do serviço; são conhecidas como sistema industrializado, o que por definição, tem melhores produtividades e desempenho da mão de obra.

Por fim, o serviço de concretagem de paredes e lajes apresentou indicadores de produtividade da mão de obra entre 0,225 e 0,553 Hh/m<sup>3</sup>. Dentre todos os serviços alvo deste trabalho, a concretagem representa aquele com menor representatividade do trabalho direto na RUP cumulativa, em comparação com os serviços de montagem de fôrmas e armaduras. Os níveis de ocupação mais relevantes foram as paralisações, delay e apoio. As paralisações foram por dois motivos: espera por concreto, quando a empresa fornecedora atrasava o início do fornecimento e/ou quando a empresa atrasava o fornecimento depois de iniciado; e a espera pela liberação da laje para início da concretagem. As atividades de preparação do caminhão com adição da fibra de polipropileno e realização do slump test, assim como o preparo da gorda, foram as atividades de maior representatividade no nível de ocupação delay. As atividades classificadas como delay, mesmo sendo consideradas necessárias para execução do serviço, devem ser monitoradas para serem realizadas de maneira eficiente. Nas obras as atividades de preparação do caminhão devem ser melhor planejadas, e a relação com as empresas fornecedoras de concreto deve ser fortalecida para inibir a paralisação por falta de concreto.

Destaca-se também o uso do concreto auto-adensável, pela obra C, que proporcionou melhores resultados da produtividade da mão de obra e menor equipe envolvida no serviço. As obras A e B utilizaram o concreto convencional, e tinham equipes maiores no serviço de concretagem.

Conclui-se que, para diferentes serviços executados no canteiro de obras, diferentes fatores e características são identificados. Esta pesquisa apresentou os principais fatores que influenciaram a produtividade da mão de obra, em diferentes obras na execução do sistema parede de concreto. Ressalta-se a importância de conhecer os principais motivos que inibem a produtividade da mão de obra, para melhor aproveitamento da mesma e melhores resultados no empreendimento.

## **6.2 Sugestões de temas para trabalhos futuros**

Trabalhos que utilizam o Modelo da Estratificação da produtividade da mão de obra ainda são limitados, de tal forma que as sugestões de temas para futuros trabalhos, de uma forma geral, estão direcionadas a aplicação da metodologia em diversos serviços de construção. Assim, como sugestões para futuros trabalhos, podem ser citados:

- Aplicação da metodologia associada ao uso do *software*, PRODCAT, para velocidade e eficácia dos resultados;
- Realização de trabalhos utilizando o Modelo de Estratificação em outros serviços de construção considerados mais complexos e deficientes em relação ao sistema parede de concreto;
- Realizar trabalhos com foco voltado à gestão da produtividade da mão de obra no canteiro de obras, essência do Modelo de Estratificação, retroalimentando o processo da obra, identificando as falhas na execução do serviço e acompanhamento após tomadas de decisões.
- Realizar estudo com foco na redução de tempo na execução dos serviços com base na metodologia da produtividade estratificada.

## REFERÊNCIAS

ABCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Parede de Concreto** – Coletânea de ativos 2007/2008.

\_\_\_\_\_. **Parede de Concreto** – Coletânea de ativos 2008/2009.

\_\_\_\_\_. **Parede de Concreto** – Coletânea de ativos 2009/2010.

\_\_\_\_\_. **Parede de Concreto** – Coletânea de ativos 2011/2013.

ABDUL KADIR, M. R. et al. Construction performance comparison between conventional and industrialized building systems in Malaysia. **Structural Survey**, v. 24, n. 5, p. 412-424, 2006.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações. Rio de Janeiro, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 15823**: Concreto auto-adensável, Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro, 2017.

ABREU, M. M. **Indicadores de perda de concreto e produtividade da mão de obra da concretagem no sistema parede de concreto**. 2016. 98p. Monografia (MBA) - Universidade de Pernambuco. Recife, 2016.

ABREU, M. M.; LORDSLEEM JR. Indicadores de perda e produtividade do sistema parede de concreto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 59, 2017, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves, 2017.

ANGEL, C. C. V. **Sistema constructivo alternativo con el uso de formaletas metálicas en viviendas sociales de la Urbanización ciudad Palmera del Cantón Machala**. 2016. 126 p. Monografia (Engenharia civil) – Universidad Técnica de Machala, Machala, 2016.

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

ARAÚJO, L. O. C.; CARVALHO FILHO, M. C.; TELLES, C. H. A New Model of Productivity Management as an aid to Deadline Management In: INTERNATIONAL CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 19, 2013, Brisbane. **Proceedings...** Brisbane, 19, 2013. Disp. em: <[http://www.conference.net.au/cibwbc13/papers/cibwbc2013\\_submission\\_167.pdf](http://www.conference.net.au/cibwbc13/papers/cibwbc2013_submission_167.pdf)> Acesso em: set. 2017.

ARAÚJO, L. O.; SAMPAIO, P. E. How to measure productivity: a real possibility. In: RICS COBRA CONFERENCE, 2012, Las Vegas – Nevada. **Proceedings...** Las Vegas, set. 2012. Disponível em: <[http://www.rics.org/Global/COBRA2012\\_Measure\\_Productivity\\_200912\\_dwl\\_aj.pdf](http://www.rics.org/Global/COBRA2012_Measure_Productivity_200912_dwl_aj.pdf)> Acesso em: out. 2017.

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U.E.L. Produtividade da mão de obra na execução de alvenaria: detecção e quantificação de fatores influenciadores. **Boletim Técnico**, São Paulo, BT/PCC/269, 24 p., 2001.

ARDITI, D. Construction productivity improvement. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 111, n. 1, mar. 1985.

ARÊAS, D. M. **Descrição do processo construtivo de parede de concreto para obra de baixo padrão**. 2013. 84 p. Monografia (Conclusão de curso), Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

ARÍZAGA, T. E. P. **Sistema constructivo con uso de formaletas metálicas para las viviendas solidarias “Miraflores” de la ciudad de Cuenca**. 2014. 159 p. Monografia (Engenharia civil) – Universidad del Azuay, Ecuador, 2014.

ASADI, S. S.; PRANEETH, P. V. A comparative study for evaluation of different form work systems utilization in construction projects. **International Journal of Mechanical Engineering and Technology**, v.8, n. 11, p. 21-29, nov. 2017.

BARBOSA, F. et al. Reinventing Construction: A Route to Higher Productivity. **McKinsey Global Institute**, 2017.

BECERRA-SANTACRUZ, H.; LAWRENCE, R. Evaluation of the thermal performance of an industrialised housing construction system in a warm-temperate climate: Morelia, Mexico. **Building and Environment**, n. 107, p. 135-153, 2016.

BÖES, J. S.; PATZLAFF, J. O. Tecnologia da informação e comunicação (TIC) aplicada ao controle de qualidade de obras – estudo de caso. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 5, n. 1, p. 75-92, jan./jun. 2016.

BOTERO, F. B.; AGUDELO, H. A. Simulación de operaciones y línea de balance: herramientas integradas para la toma de decisiones. **Ingeniería y Ciencia**, v. 7, n. 13, p. 29-45, jan. 2011.

BRITEZ, C. et al. Boas práticas envolvendo sistemas construtivos em paredes de concreto – Caso Jardim Novo Horizonte (Jundiaí-SP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 57, 2015, Bonito. **Anais...** Bonito, 2015.

CABRERA, A. G.; BOCANEGRA, D. M. Análisis de la productividad en la construcción de vivienda basada en rendimientos de mano de obra. **INGE CUC**, v. 12, n. 1, p. 21-31, 2016.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO, CUB. 2019. Disponível em: <http://www.cub.org.br/> >. Acesso em: fev 2019.

CHATURVEDI, S.; THAKKAR, J.J.; SHANKAR, R. Labor productivity in the construction industry: An evaluation framework for causal relationships. **Benchmarking**, v. 25, n. 1, p. 334-356, 2018

CHOY, E.; RUWANPURA, J.Y. Situation Based Modeling for Construction Productivity. In: CONSTRUCTION RESEARCH CONGRESS, ASCE, Reston. **Proceedings...** Reston, p. 1-10, 2005.

CII - Construction Industry Institute. Work force view of construction labor productivity. RR215-11, CII, Austin, 2006.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Boas Práticas**. 2012. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/boas-praticas/17/espacadores-de-tubos-e-eletrodutos.html>> Acesso em: 30 JUL. 2017.

CORSINI, R. Paredes Normatizadas. **Téchne - PINI**, São Paulo, dez. 2011. Disponível em:< <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/183/paredes-normatizadas-norma-inedita-para-paredes-de-concreto-moldadas-287955-1.aspx> >. Acesso em 02 maio. 2018.

CORSINI, T. de A. **Produtividade da mão de obra na execução de sistemas prediais elétricos e de comunicação**. 2016. 103p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

DAMIÃO, M. et al. Variação Da Produtividade Da Mão-De-Obra Em Função Da Tipologia Adotada Para A Estrutura De Concreto Armado. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE

TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, 16, 2016 **Anais ...** São Paulo: ENTAC, 2016.

DÍAZ, J. C. et al. Caracterización de mezclas de concreto utilizadas en sistemas industrializados de construcción de edificaciones. **Revista de Ingeniería**, n. 19, 2004.  
DONG, F. F. Study on the green construction technology model of aluminum alloy formwork based on multi factor coupling. **Chemical Engineering Transactions**, v. 55, p. 271-276, 2016.

DURDYEV, S.; MBACHU, J. On-site labour productivity of New Zealand construction industry: Key constraints and improvement measures. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, Australia, v. 11, n. 3, p. 18-33, 2011.

FREIRE, T. M.; SOUZA, U. E. L. Classificação dos sistemas de fôrmas para estruturas de concreto armado. **Boletim Técnico**, São Paulo, BT/ PCC/296, 2001.

GHODDOUSI, P.; HOSSEINI, M.R. A Survey of the Factors Affecting the Productivity of Construction Projects in Iran. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 18, n. 1, p. 99-116, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184 p.

GOMAR, J. E.; HAAS, C. T.; MORTON, D. P. Assignment and Allocation Optimization of Partially Multiskilled Workforce. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 18, n. 2, p. 103-109, 2002.

GONG, J. I. E.; BORCHERDING, J. D.; CALDAS, C. H. Effectiveness of craft time utilization in construction Projects. **Construction Management and Economics**, v. 29, p. 737-751, jul. 2011.

HIYASSAT, M. A.; HIYARI, M. A.; SWEIS, G. J. Factors affecting construction labour productivity: a case study of Jordan. **International Journal of Construction Management**, 2016.

JARKAS, A. M. Factors influencing labour productivity in Bahrain's construction industry. **International Journal of Construction Management**, v. 15, n. 1, 2015.

JARKAS, A. M.; BITAR, C. G. Factors Affecting Construction Labor Productivity in Kuwait. **Journal of Construction Engineering and Management**, Korea, p. 811-820, jul. 2012.

JARKAS, A. M. Beamless or beam-supported building floors: Is buildability knowledge the missing link to improving productivity?. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v.24, n.3, p. 537-552, 2017.

JAYASINGHE, R. S.; FERNANDO, N. G. Developing labour productivity norms for aluminium system formwork in Sri Lanka. **Built Environment Project and Asset Management**, v. 7, n. 2, p. 199-211, 2017.

LIBRAIS, C. F.; SOUZA, U. E. L. Produtividade da mão de obra no assentamento de revestimento cerâmico interno de parede. **Boletim Técnico**, São Paulo, BT/ PCC/316, 23p., 2002.

LORDSLEEM JR., A.C. O processo de produção das paredes maciças. In: SEMINÁRIO VEDAÇÕES VERTICAIS, 1, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1998. p. 49-68.

LUCARINY, L. H. **Gestão de empreendimentos: fatores que influenciam a gestão de prazos na Construção Pesada**. 2013. 45 p. Monografia (Curso de Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MARTINS, P. M. L. **Avaliação da produtividade na construção no Brasil: o modelo de estratificação**. 2013 91 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Portugal, 2013.

MASSUDA, C.; MISURELLI, H. Como construir parede de concreto. **Téchne**, São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/146/paredes-de-concreto-141977-1.asp>> Acesso em 20 ago. 2017.

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.

MELO, R. et al. Produtividade da mão de obra na execução de estrutura em paredes de concreto. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15, 2014, Maceió. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2014.

MOJAHED, S.; AGHAZADEH, F. Major factors influencing productivity of water and wastewater treatment plant construction: Evidence from the deep south USA. **International Journal of Project Management**, v. 26, n. 2, p. 195– 202, 2008.

NAOUM, S.G. Factors influencing labor productivity on construction sites: a state-of-the-art literature review and a survey. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 65, n. 3, p. 401-421, 2016

OLIVEIRA, K. C. R. de. **Produtividade estratificada da mão de obra na execução de revestimento de gesso em pasta**. 2014. 144p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

PAUL, V. K.; SETH, V. Benchmarking and Objective Selection of Technologies for Housing in India Using Quality Function Deployment. **Journal of Construction in Developing Countries**, v. 22, p. 63-78, 2017.

RIVANKAR, H.; CHORDIYA, A. Aluminium Formwork Technology. **International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology**, v. 4, n. 4, 2017.

RIVAS, R.A. et al. Analysis of factors influencing productivity using craftsmen questionnaires: Case study in a Chilean construction company. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 4, p. 312–320, 2011.

ROSA FILHO, C. D. et al. Análise do comportamento mecânico do concreto com adição de fibras de polipropileno e sua atuação no combate às manifestações patológicas. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE PATOLOGIA, 1, 2017, Recife. **Anais...** Recife, 2017.

ROBINSON, J. Advanced Scaffolding and Formwork Solutions – Scale Up Quality of Construction, 2011. available at: <https://www.nbmcw.com/report/other-equipment-attachments-spare-parts-components/24470-advanced-scaffolding-and-formwork.html>. Acesso em 20 ago. 2017.

SAMANT, T. M. Aluminium Formwork – An Innovation in Construction Technology. **ARCHITECTURE - Time Space & People**, India, p. 30-37, jan. 2014.

SAFA, M. et al. A decision-making method for choosing concrete forming systems. **International Journal of Construction Management**, 2016.

SANTOS, A. Paredes de Concreto já dominam Minha Casa Minha Vida. **Massa Cinzenta**, Curitiba, 12 maio 2016. Disponível em: < <http://www.cimentoitambe.com.br/paredes-de-concreto-minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 02 ago. 2017

SHASHANK, K.; HAZRA, S.; PAL, K. N. Analysis of key factors affecting the variation of labour productivity in construction projects. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**, v. 4, n. 5, maio 2014.

SILVA, F. B. Paredes de concreto armado in loco. **Téchne**, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/167/paredes-de-concreto-armado-moldadas-in-loco-286799-1.aspx>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

SILVA, S. Z. R. S. **A percepção do usuário de habitação unifamiliar em relação ao sistema construtivo industrializado – avaliação do grau de satisfação**. 2013. 128p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SOEKIMAN, K. S. et al. Factors Relating to Labor Productivity Affecting the Project Schedule Performance in Indonesia. **Procedia Engineering**, v. 14, p. 865–873, 2011.

SOUZA, U. E. L. **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. Produtividade e custos dos sistemas de vedação vertical. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, São Paulo, 1998. **Anais ...** São Paulo: PCC/EPUSP, 1998.p. 237-48.

SOUZA, U. E. L. Como medir a produtividade da mão de obra na construção civil. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8, 2000, Salvador. **Anais...**, Salvador: ANTAC, 2000, p. 421-428

SOUZA, U.E.L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra**: manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006.

SOUZA, U. E. L.; AGOPYAN, V. Estudo da Produtividade da Mão de Obra no Serviço de Fôrmas para Estruturas de Concreto Armado. **Boletim Técnico**, São Paulo, 1996.

THIYAGARAJAN, R.; PANNEERSELVAM, V.; NAGAMANI, K. Aluminium Formwork System in Highrise Buildings Construction. **International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology**, India, v. 8, n. 6, p. 29-41, nov. 2017.

THOMAS, R. H. Why Are Loss of Labor Efficiency Damages So Difficult to Recover?. **Journal of legal affairs and dispute resolution in engineering and construction**. Hawai, v. 2, p. 190-193, 2010.

THOMAS, R. H. Benchmarking Construction Labor Productivity. **Practice Periodical on Structural Design and Construction**, v. 20, n. 4, nov. 2015.

THOMAS, H. R.; SMITH, G. R. **Loss of Construction Labor Productivity Due to Inefficiencies and Disruptions: The Weight of Expert Opinion**. Pennsylvania: Penn State Transport Institute, University Park, 1990.

THOMAS, H. R.; YIAKOUMIS, I. Factor model of construction productivity. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 113, n. 4, p. 623-639, dez. 1987.

YI, W.; CHAN, A. P. C. Critical review of labor productivity research in construction journals. **Journal of Management in Engineering**, v. 30, n. 2, p. 214-225, 2014.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZANCUL, E. S. et al. Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil. 2014. **Ernest & Young**, São Paulo, p 1-12.

