



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL E CONSTRUÇÃO CIVIL**

CARLOS HENRIQUE DE ANDRADE SILVA

**ANÁLISE DO IMPACTO E DA VARIABILIDADE DOS CUSTOS DA MÃO DE OBRA
NA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**

FORTALEZA

2018

CARLOS HENRIQUE DE ANDRADE SILVA

ANÁLISE DO IMPACTO E DA VARIABILIDADE DOS CUSTOS DA MÃO DE OBRA
NA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Monografia apresentada ao Curso de Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Augusto Teixeira de
Albuquerque.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S579a Silva, Carlos Henrique de Andrade.
Análise do impacto e da variabilidade dos custos da mão da obra na execução de estruturas de concreto /
Carlos Henrique de Andrade Silva. – 2018.
85 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,
Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Augusto Teixeira de Albuquerque.

1. Construção Civil. 2. Estruturas de concreto. 3. Custos . 4. Mão de Obra. I. Título.

CDD 620

CARLOS HENRIQUE DE ANDRADE SILVA

ANÁLISE DO IMPACTO E DA VARIABILIDADE DOS CUSTOS DA MÃO DE OBRA
NA EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Monografia apresentada ao Curso de Graduação
em Engenharia Civil da Universidade Federal
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheiro Civil.

Aprovada em: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Augusto Teixeira de Albuquerque (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Esp. Valter de Oliveira Bastos Filho
Impacto Protensão

Eng. Ian Barros Leal Malveira Ary
Termite Engenharia Inovativa

Tudo tem o seu preço,
A grande luta na vida é chegar ao verdadeiro
preço das coisas.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Adilzan e Antônia, principais responsáveis não só por esta conquista, como por todos os degraus que eu subi em minha vida.

À UFC, instituição na qual sou grato pelos felizes 5 anos que passei aqui.

Ao Prof. Dr. Augusto Teixeira de Albuquerque, por confiar e me ajudar no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Flávio Cunto, que me apoiou com empenho no início deste trabalho.

À Impacto, por colaborar, não somente com este trabalho, mas também pelo saudável ambiente de trabalho diário no qual estou inserido nos últimos 12 meses. Um abraço a todos os colegas de trabalho.

Ao CNPq e a FUNCAP pelos apoios financeiros fornecidos durante minha formação superior.

À minha irmã, Karine, que sempre me perguntou se eu já tinha terminado o TCC. Obrigado.

À minha melhor amiga, Camilla Cavalcanti, que mesmo tendo chegado somente no fim deste trabalho, será minha companheira por toda a vida.

A todos os amigos que fiz durante esse período. Estar cercado de futuros grandes profissionais foi, e será, um dos grandes legados dessa jornada.

RESUMO

Solução utilizada na maioria dos edifícios altos do Brasil, estruturas de concreto são um dos elementos mais significativos no planejamento de uma obra, tanto pelo alto custo desta etapa quanto pelo tempo despendido na execução. Assim, este trabalho tem foco sobre um dos componentes no custo das estruturas de concreto, a mão de obra (M.O.), aferindo quanto este componente pesa sobre a estrutura, qual o nível de previsibilidade desse componente e o quanto este componente varia entre os diferentes empreendimentos, analisando fatores que podem indicar correlações entre esse custo e outros parâmetros da obra. Após analisar um conjunto de 28 empreendimentos distintos na cidade de Fortaleza, foi aferido o custo percentual de 20% do custo total por metro quadrado como sendo decorrente da mão de obra nas estruturas. Para essas mesmas obras foram estimados, através das composições de insumos, quanto seria o custo com os colaboradores. Para essa amostra os resultados reais ficaram, em média, 30% inferiores aos previstos. Por fim foram analisados um conjunto de 103 obras com o objetivo de identificar fatores relacionados a um menor custo, neste caso alguns itens apresentaram tendências de reduzir o custo. Esses itens foram: menor tempo de ciclo, maior área do pavimento, menor equipe proporcional e uso de procedimentos que permitam o uso equipes menos qualificadas.

Palavras-chave: Construção Civil, Estruturas de concreto, Custos, Mão de obra.

ABSTRACT

A solution used in most of Brazil's high-rise buildings, concrete structures are one of the most significant elements in the planning of a work, both because of the high cost of this stage and the time spent in the execution. Thus, this work focuses on one of the components in the cost of concrete structures, labor (MO), assessing how much this component weighs on the structure, what level of predictability of this component and how much this component varies between different ventures, analyzing factors that can indicate correlations between this cost and other parameters of the work. After analyzing a set of 28 distinct projects in the city of Fortaleza, the percentage cost of 20% of the total cost per square meter was calculated as a result of the manpower in the structures. For these same works were estimated, through the compositions of inputs, how much would be the cost with the collaborators. For this sample, the actual results were, on average, 30% lower than expected. Finally, a set of 103 works were analyzed with the objective of identifying factors related to a lower cost, in this case some items presented tendencies to reduce the cost. These items were: shorter cycle time, greater floor area, less proportional team, and use of procedures that allow the use of less qualified teams

Keywords: Civil Construction, Concrete Structures, Costs, Labor.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Sistema estrutural de lajes maciças com vigas	4
Figura 2 - Sistema estrutural de lajes nervuradas	5
Figura 3 - Sistema estrutural de lajes nervuradas lisas	6
Figura 4 - Sistema estrutural de lajes maciças planas com capitéis	7
Figura 5 - Sistema de lajes maciças planas.....	7
Figura 6 – Distribuição percentual de custos para um pavimento.....	9
Figura 7 - Distribuição de custo de um pavimento tipo	9
Figura 8 - Custos percentuais para um pavimento de uma estrutura de concreto, a esquerda para uma laje nervurada e a direita para uma laje maciça.....	10
Figura 9 - Sistema de fôrmas de madeira	11
Figura 10 - Telas de aço armazenadas em obra.....	12
Figura 11 - Planta baixa de central de armadura	13
Figura 12 - Laje maciça protendida (protensão não aderente) com cabos concentrados em um sentido e distribuídos no outro	14
Figura 13 - Execução da concretagem de uma laje	16
Figura 14 - Bomba lança para bombeamento de concreto	17
Figura 15 - Delimitação do Pavimento tipo: Todos os elementos, da estrutura, entre o topo de um pavimento e o topo do pavimento subsequente.....	21
Figura 17 - Variação do percentual de custo do item concreto dentro do custo total do pavimento	48
Figura 18 - Variação do percentual de custo do item armaduras dentro do custo total do pavimento	48
Figura 19 - Variação do percentual de custo do item Mão de Obra dentro do custo total do pavimento	49
Figura 20 - Variação do percentual de custo do item fôrmas dentro do custo total do pavimento	50
Figura 21 - Média de distribuição percentual dos custos de um pavimento.....	52
Figura 22 – Variação percentual entre M.O. real e prevista via Seinfra	57
Figura 23 - Relação entre custo por m ² e posição no ranking	61
Figura 24 - Distribuição das obras por custo por m ²	61
Figura 25 – Relação entre área construída e custo por m ²	62

Figura 26 - Relação entre ciclo da laje e custo por m ²	63
Figura 27 - Relação entre tamanho total da equipe e custo por m ²	64
Figura 28 - Relação entre tamanho relativo da equipe e custo por m ²	65
Figura 29 - Relação entre especialização da equipe e o custo por m ²	66
Figura 30 - Relação entre custo mensal com a M.O. por m ² e o ciclo da laje	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Lista das 28 obras, com seus quantitativos e sistema estrutural	22
Tabela 2 - Quantitativo de concreto, fôrmas e armaduras por pavimento tipo.....	35
Tabela 3 - Quantitativo das equipes, por função	37
Tabela 4 - Quantitativos dos custos mensais com M.O. (com encargos) separados por função	40
Tabela 5 - Custos por laje e por m ² da M.O. (em função da equipe real, com encargos).....	42
Tabela 6 – Cálculo do custo total da M.O., incluindo a M.O. relativa a protensão	44
Tabela 7 – Composição total dos custos, por m ²	46
Tabela 8 – Distribuição dos custos, por sistema estrutural.....	52
Tabela 9 – Distribuição percentual dos custos, por sistema estrutural	54
Tabela 10 – Custo da M.O. por m ² , comparativo entre o valor previsto e o custo real	55
Tabela 11 - Lista dos 103 pavimentos, com custo da M.O por m ² , Área, ciclo da laje e número de funcionários envolvidos.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Composição, por m ³ , para concreto usinado.....	25
Quadro 2 – Composição, por kg, para armadura passiva	26
Quadro 3 – Composição, por kg, para protensão não aderente	26
Quadro 4 – Composição, por m ² , para sistemas de fôrmas convencionais	28
Quadro 5 - Composição, por m ² /mês, de sistemas de fôrmas não convencionais.	29
Quadro 6 – Salários considerados, valores de convenção e valores de convenção mais encargos	31

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA	2
1.2	OBJETIVO GERAL.....	2
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	SISTEMAS ESTRUTURAIS.....	3
2.1.1	<i>Estrutura convencional de lajes maciças</i>	<i>3</i>
2.1.2	<i>Estrutura convencional com lajes nervuradas</i>	<i>4</i>
2.1.3	<i>Estrutura com lajes lisas nervuradas</i>	<i>5</i>
2.1.4	<i>Estrutura com lajes maciças lisas</i>	<i>6</i>
2.2	ETAPAS DE EXECUÇÃO	8
2.2.1	<i>Sistema de fôrmas</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Armadura.....</i>	<i>12</i>
2.2.3	<i>Protensão.....</i>	<i>14</i>
2.2.4	<i>Concreto</i>	<i>15</i>
2.2.5	<i>Mão de obra.....</i>	<i>18</i>
2.3	CÁLCULO DOS CUSTOS DE UMA ESTRUTURA	19
2.3.1	<i>Composição dos custos de uma estrutura</i>	<i>19</i>
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA M.O NO CUSTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	20
3.1.1	<i>Definição dos itens a serem considerados no orçamento</i>	<i>20</i>
3.1.2	<i>Escolha da base inicial de obras</i>	<i>21</i>
3.1.3	<i>Coleta de dados</i>	<i>24</i>
3.1.4	<i>Composição dos custos.....</i>	<i>24</i>
3.1.5	<i>Custo da M.O.....</i>	<i>24</i>
3.2	AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE DA M.O NO CUSTO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO	
	31	
3.2.1	<i>Definição dos itens a serem considerados no orçamento</i>	<i>31</i>
3.2.2	<i>Escolha das obras a serem consideradas.....</i>	<i>32</i>
3.2.3	<i>Coleta de dados</i>	<i>32</i>
3.2.4	<i>Seleção dos dados as serem considerados</i>	<i>33</i>
3.2.5	<i>Composição dos custos.....</i>	<i>33</i>

3.2.6	<i>Seleção de indicadores</i>	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1	ANÁLISE DO IMPACTO DO CUSTO DA M.O. NO CUSTO DA ESTRUTURA	35
4.2	COMPARATIVO ENTRE O CUSTO DA MÃO DE OBRA ESTIMADO (VIA SEINFRA) E O CUSTO REAL.....	54
4.3	ANÁLISE DA VARIAÇÃO DO CUSTO DA M.O.	58
4.3.1	<i>Relação entre área construída e custo por m²</i>	62
4.3.2	<i>Relação entre ciclo da laje e custo por m²</i>	63
4.3.3	<i>Relação entre tamanho total da equipe e custo por m²</i>	64
4.3.4	<i>Relação entre tamanho relativo da equipe e custo por m²</i>	65
4.3.5	<i>Relação entre especialização da equipe e o custo por m²</i>	66
4.3.6	<i>Relação entre custo mensal com a M.O. por m² e o ciclo da laje</i>	67
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS	68
	REFERÊNCIAS	70

1 INTRODUÇÃO

Segundo a NBR 14931 (2004) a execução da estrutura de concreto é definida como: todas as atividades desenvolvidas na execução das estruturas de concreto, ou seja, sistema de fôrmas, armaduras, concretagem, cura e outras, bem como as relativas à inspeção e documentação de como construído, incluindo a análise do controle de resistência do concreto.

A execução de estruturas em concreto armado ganhou espaço significativo na produção de edifícios desde seu surgimento. Atualmente é o sistema estrutural mais utilizado no país para edifícios de múltiplos pavimentos (SANCHES, 2013).

O concreto tem grande frequência de utilização nas estruturas das edificações do nosso país. De acordo com Peres (2013) no Brasil há grande tradição no emprego do concreto armado para a execução da superestrutura, sendo a estruturação de edificações com tal material bastante usual desde as construções habitacionais mais simples até as mais complexas obras; assim, a execução das estruturas de concreto representa uma etapa de grande relevância nos empreendimentos.

Segundo Salvador (2013) a execução da estrutura representa o caminho crítico no cronograma de atividades das obras e determina o início de todas as atividades subsequentes, sendo impraticável a recuperação de eventuais atrasos.

Segundo Vargas (2010) a etapa de estrutura representa até 19% dos custos totais de construção, sendo assim, de fundamental importância para a viabilidade do empreendimento. Com isto, os elementos do sistema estrutural como formas, armaduras e concreto devem ser analisados tecnicamente para compor o custo final da obra.

Além dos itens descritos, o custo da estrutura tem um componente de mais difícil determinação que é a mão de obra (M.O.) envolvida nas etapas de montagem e execução da estrutura. Deve-se ressaltar que estão inclusas como custos da mão de obra tanto os salários quanto os encargos decorrentes desses colaboradores.

Assim, conhecer o peso da M.O. dentro do custo total e a variabilidade desse fator e os principais fatores que influenciam nesse custo são importantes dados em busca da real aferição dos custos.

1.1 Justificativa

Devido ao impacto que o item estrutura tem, tanto no orçamento quanto no cronograma de uma obra, é fundamental que se conheça o máximo de informações possíveis antes de que seja tomada a decisão de qual o modelo estrutural é mais adequado para cada tipo de empreendimento, dessa forma, além de conhecer o desempenho técnico das soluções é importante conhecer seu desempenho financeiro.

Aferir o impacto financeiro do item M.O. dentro da etapa de estrutura tem por objetivo entender se esse é um item que apresenta percentual significativo dentro do custo, enquanto a segunda parte deste trabalho, pretende avaliar se existe grande variabilidade dentro do mesmo item (M.O.) quando avaliado um conjunto maior de empreendimentos.

Dessa forma, a primeira parte servirá para aferir a relevância, financeira, do item M.O. e a segunda parte tem por objetivo avaliar se esse item costuma apresentar diferenças significativas de custo.

1.2 Objetivo Geral

Avaliar a importância e a variabilidade do custo da mão de obra na execução de estruturas de concreto.

1.3 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral é preciso determinar marcos intermediários que mostrem o caminho da pesquisa, cada passo será analisado consistindo nos seguintes objetivos específicos:

- a) Aferir o percentual do custo da mão de obra dentro do custo total da estrutura de concreto;
- b) Avaliar a diferença entre custo previsto e o custo real da mão de obra;
- c) Avaliar a variabilidade do custo da mão de obra e a identificar de fatores relacionados a essa variação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este referencial tem como objetivo servir de base teórica para o trabalho. Os conceitos relativos aos tipos estruturais, e aos principais elementos considerados para a execução e para o orçamento de estruturas de concreto.

Também serão apresentados outros estudos que se debruçaram sobre os custos da mão de obra na execução de estruturas de concreto.

2.1 Sistemas Estruturais

De acordo com Santos (2011) ao fazer a concepção estrutural, o engenheiro tem de ter em mente vários aspectos, tais como: manter a estética e a funcionalidade do projeto arquitetônico, ideia aproximada dos esforços atuantes na estrutura, métodos construtivos e custos. A escolha do sistema estrutural de um edifício, em geral, é influenciada por imposições arquitetônicas, por rotinas construtivas ou ainda pela infraestrutura da região. Mesmo assim, o engenheiro de estruturas tem de buscar, entre todas as possibilidades, a estruturação mais econômica para o seu projeto.

Cada projeto estrutural possui suas características e variáveis para atender as necessidades dos empreendimentos. Temos algumas tipologias de projetos:

2.1.1 Estrutura convencional de lajes maciças

São estruturas de concreto armado onde as lajes maciças se apoiam em vigas, Figura 1. Historicamente foi o sistema estrutural mais adotado no Brasil.

Figura 1 - Sistema estrutural de lajes maciças com vigas



FONTE: AUTOR (2018)

2.1.2 Estrutura convencional com lajes nervuradas

Formada por lajes nervuradas, em sua maioria, apoiadas em vigas que se apoiam em pilares. Uma laje nervurada, conforme Figura 2, é constituída por um conjunto de nervuras que se cruzam, solidarizadas pela mesa. A vantagem principal desta utilização é o aumento da inercia com relação a uma laje maciça de mesmo consumo de concreto.

Figura 2 - Sistema estrutural de lajes nervuradas



FONTE: AUTOR (2018)

2.1.3 Estrutura com lajes lisas nervuradas

Esse sistema se difere dos anteriores pela ausência de vigas. Nesse sistema, as vigas, se existirem, são as chamadas vigas faixas, que se caracterizam por terem a mesma altura que a laje, porém sendo maciças. Geralmente lajes lisas nervuradas contam com protensão pelo menos nas vigas faixas. Na Figura 3 temos um exemplo de laje nervurada lisa sem a presença de vigas faixas.

Figura 3 - Sistema estrutural de lajes nervuradas lisas



FONTE: AUTOR (2018)

Além das lajes nervuradas planas com ou sem capitéis, existem alguns projetos que nos alinhamentos dos pilares é elaborada uma região maciça fazendo o papel da viga.

2.1.4 Estrutura com lajes maciças lisas

As lajes maciças lisas caracterizam-se pela eliminação das vigas como elementos estruturais de suporte da laje. Nas primeiras lajes sem vigas era comum o uso de capitéis, Figura 4, visando ao enrijecimento da ligação laje-pilar, mas isto prejudicava uma das suas principais vantagens, que é a ausência de recortes na fôrma do pavimento, Figura 5. Com o desenvolvimento do sistema, abandonou-se o uso de capitéis na maioria dos casos e passou-se a fazer uma criteriosa verificação da punção.

Figura 4 - Sistema estrutural de lajes maciças planas com capitéis



FONTE: AUTOR (2018)

Figura 5 - Sistema de lajes maciças planas



FONTE: AUTOR (2018)

2.2 Etapas de Execução

2.2.1 Sistema de fôrmas

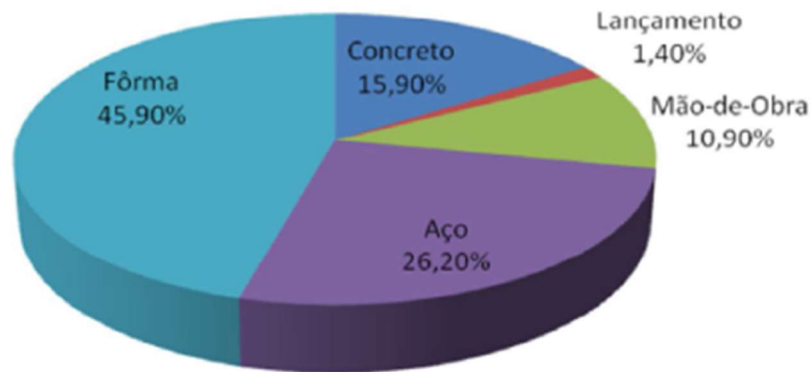
De acordo com Peres (2013) conceitua-se sistema de formas uma estrutura que atua no processo de moldagem e sustentação do concreto fresco até que o mesmo atinja resistência suficiente para suportar as cargas que lhes são submetidas, de maneira que as formas estão ligadas diretamente ao bom desempenho de uma estrutura.

Segundo Sanches (2013), o critério para escolha de um sistema de formas depende do custo em função do prazo. Ou seja, considerar quanto custa alugar as formas durante o período da obra, verificar a disposição econômica da empresa de investir na aquisição em curto prazo, visando o aproveitamento em longo prazo. Em seguida deve-se calcular quanto custa para fabricar formas com outros tipos de material. A partir dos resultados obtidos deve ser escolhido o material que será utilizado nessa execução.

Conforme Lima (2016), o sistema de forma tem uma particularidade única dentro da execução das estruturas de concreto: é o que inicia todo o processo, e por isso, passa a ser referência para os demais, estabelecendo e padronizando o grau de excelência exigida para toda a obra. O desempenho do sistema de forma exerce forte influência na qualidade, prazo e custo do empreendimento.

De acordo com o estudo realizado por Peres (2013), o sistema de forma representa em média 45% do valor da estrutura em um pavimento típico, Figura 6. Portanto, o sistema deve ser projetado para permitir o maior número de utilização possível. Para isso é importante a fabricação de estruturas moduladas que possam ser facilmente montadas e desmontadas sem danos aos componentes.

Figura 6 – Distribuição percentual de custos para um pavimento



FONTE: PERES (2013)

Devido à grande variação existente entre as diferentes obras, encontramos autores apresentando resultados muito diferentes entre si, como pode ser encontrado em Duarte Junior (2014). Neste artigo os custos de cada um dos principais itens foram discretizados e o resultado apresentado difere, sobretudo, na redução da influência do item fôrma dentro da composição total.

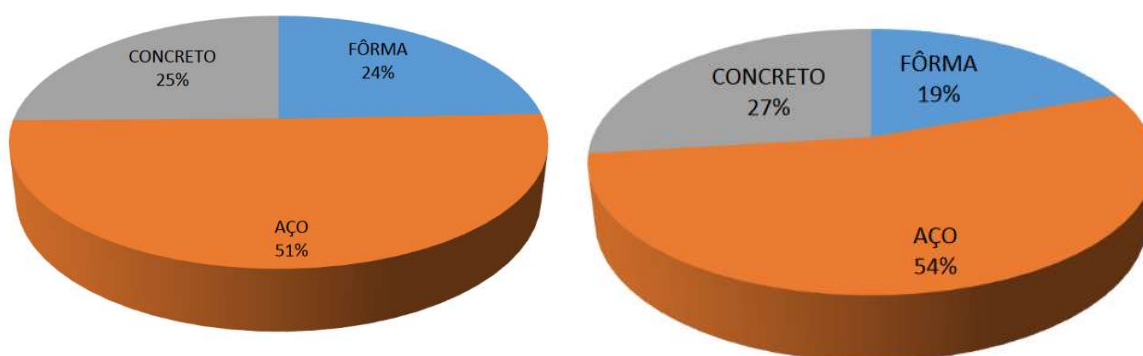
Figura 7 - Distribuição de custo de um pavimento tipo



FONTE: DUARTE JUNIOR (2014)

Santos (2015) também apresentou estudos comparativos entre os custos para a execução de estruturas de concreto, porém, diferente dos anteriores, neste estudo não foi incluído o custo da M.O., sendo apresentados somente os itens: concreto, aço e fôrmas. Os resultados encontrados por Santos estão na Figura 8 - Custos percentuais para um pavimento de uma estrutura de concreto, a esquerda para uma laje nervurada e a direita para uma laje maciça

Figura 8 - Custos percentuais para um pavimento de uma estrutura de concreto, a esquerda para uma laje nervurada e a direita para uma laje maciça



FONTE: SANTOS (2015)

Segundo Sanches (2013), a execução de estruturas de concreto exige a construção de formas com dimensões internas correspondendo exatamente às das peças da estrutura projetada. A uniformização das espécies e dimensões das madeiras usadas, bem como da nomenclatura e dimensões das peças que compõem as formas, e tabelas de aplicação imediata seriam extremamente vantajosa, não só por facilitarem a fiscalização do consumo de madeira nas obras e as relações dos construtores com os fornecedores e mestres carpinteiros, como, e sobretudo, por permitirem o planejamento rápido de formas com a resistência necessária.

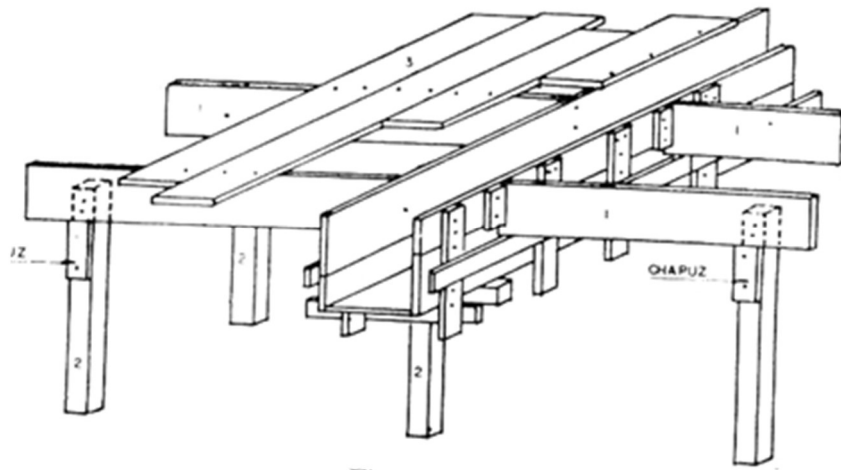
Os sistemas de formas são classificados de acordo com os diferentes tipos de material que são fabricados os seus componentes. Conforme classificação de Peres (2013) tem-se os seguintes sistemas:

2.2.1.1 Sistema de fôrmas de madeira

São sistemas que todos os componentes são de madeira. Podem ser subdivididos ainda em sistemas de formas de madeira tradicionais e sistemas de formas de madeira

racionalizadas. Os diferentes elementos das formas são fabricados com moldes em tábuas ou chapas de madeira compensada, Figura 9.

Figura 9 - Sistema de fôrmas de madeira



FONTE: SITE COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO

2.2.1.2 Sistema de fôrmas metálicas

São sistemas que utilizam todos os componentes metálicos, principalmente com o uso do aço e alumínio. São bastante empregados em construção industrializada e repetitiva. Foram viabilizadas no país na época dos grandes conjuntos habitacionais, que na década de setenta eram licitadas muitas unidades num único contrato. Nestes casos era viável a fabricação das formas metálicas.

2.2.1.3 Sistemas de fôrmas mistas

São sistemas que empregam elementos fabricados com a junção dos dois sistemas citados. Geralmente os moldes são confeccionados em chapa de madeira compensada enquanto os outros elementos incorporam componentes metálicos.

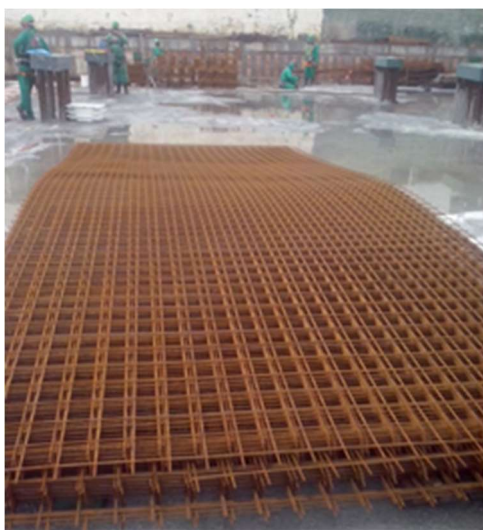
2.2.2 Armadura

As armaduras das estruturas de concreto armado são constituídas por barras de aço posicionadas conforme projeto desta disciplina, visando atender as solicitações de cada elemento estrutural (pilares, vigas, lajes, etc.).

A mão-de-obra para o serviço de armação necessita de equipes especializadas, caracterizada por armadores e ajudantes que podem ser de empresas subcontratadas ou de mão-de-obra própria. (GONÇALVES, 2009).

O responsável pela execução da armadura pode adquirir o aço em barras de acordo com o diâmetro necessário para o seu projeto ou ser fornecido pelo fabricante já cortado e dobrado com a geometria do elemento estrutural, como por exemplo na Figura 10, onde o aço já armazenado na obra em telas padronizadas. Caso seja realizada a aquisição em barras o corte e dobra deverá ser realizado na própria obra.

Figura 10 - Telas de aço armazenadas em obra



FONTE: DO AUTOR (2016)

A execução da armação tem seus preços, de um modo geral, acertados por quilo de aço conforme os quantitativos de projeto. Isso se aplica tanto para aquisição como para qualquer tipo de beneficiamento (corte, dobra, solda), os valores normalmente se apresentam em reais por quilo.

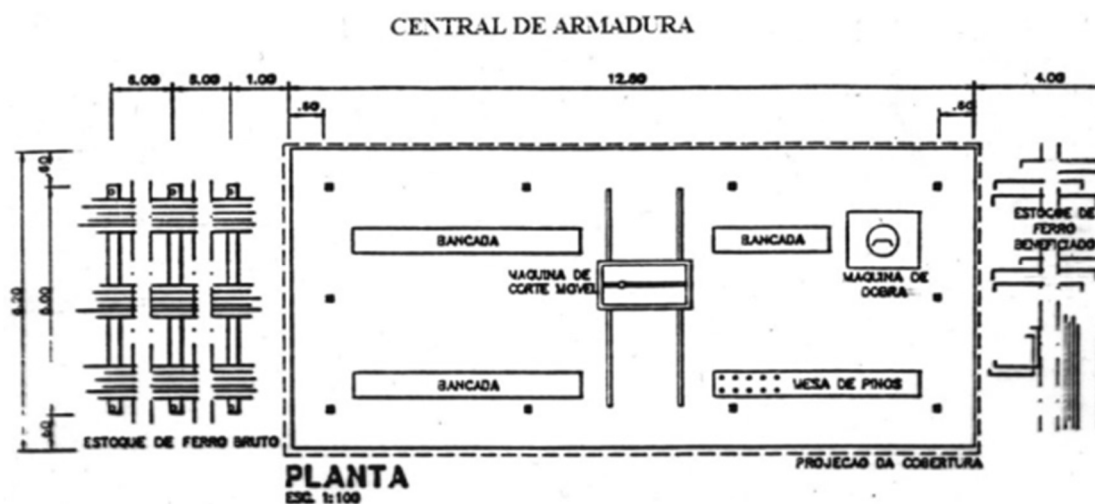
O transporte do aço é realizado através de carretas. A responsabilidade pelo descarregamento é da obra e realizada com a própria equipe manualmente ou através de grua. Juntamente com a descarga já é realizada a conferência do material, através da verificação do

pedido com relação à nota fiscal ou dos boletins de entrega no caso de aço cortado e dobrado. O responsável pelo recebimento confere as bitolas através da análise visual.

Para Sanches (2013) a organização e o posicionamento do aço são de fundamental importância para obtenção da racionalização e para melhorar o fluxo da produção. Também é muito importante a disposição das barras de acordo com as bitolas ou de acordo com a sequência de sua utilização. No caso da utilização do aço cortado e dobrado é conveniente a organização das peças de acordo com a sequência de utilização.

De acordo com os projetos estruturais as barras de aço são transformadas em elementos que atendam as geometrias de cada elemento. Quando o processamento do aço é realizado no próprio canteiro é criada uma central de corte e dobra para montar estas armaduras. Nestas situações, é recomendável considerar no planejamento do canteiro uma central para processamento, conforme exemplifica a Figura 11.

Figura 11 - Planta baixa de central de armadura



Fonte: Sanches (2013)

Para a execução do serviço de armação existe a necessidade de equipe especializada, caracterizada por armadores e ajudantes que podem ser de empresas subcontratadas ou de mão-de-obra própria. A subcontratação dos serviços de armação é mais frequente e pode ser feita juntamente com os serviços de fôrmas e concretagem, ou separadamente.

SANTOS (2016), analisando 35 construtoras e 207 obras na Grande São Paulo, verificou que para a execução dos serviços de armação e concretagem, apenas 1 construtora, representando 2,9%, adotou o regime de contratação de mão-de-obra juntamente com o

material. Apesar de ter um potencial de racionalização muito inferior ao sistema de fôrmas, a execução da armação é extremamente importante no ciclo de uma estrutura, tanto para o cumprimento dos prazos, quanto para a obtenção da qualidade desejada.

2.2.3 Protensão

Segundo a NBR 6118:2014, o concreto protendido é aquele no qual a armadura ativa é tensionada por um macaco hidráulico especial para protensão, tendo como objetivo, em condições de serviço, evitar ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura, promovendo a melhor utilização dos aços de alta resistência no estado limite último.

A protensão pode ser no sistema aderente ou não aderente, sendo caracterizados pela aderência, ou não, entre o aço e o concreto.

Segundo Moreira (2017), o sistema não-aderente é mais rápido e ágil que o sistema aderente, por isso, é o sistema mais utilizado em edifícios.

Figura 12 - Laje maciça protendida (protensão não aderente) com cabos concentrados em um sentido e distribuídos no outro



Fonte: Autor (2018)

2.2.4 Concreto

A produção do concreto pode ser realizada na obra ou pode ser elaborado por uma usina. O controle da usina é mais rigoroso onde os materiais são medidos através de balanças, transportados por esteiras e, então, colocados no caminhão-betoneira, que mistura e transporta o concreto até a obra. Na obra, os materiais são medidos em padiolas, por volume, ou em balanças, e misturados em betoneira (GONÇALVES, 2009).

As obras de médio e grande porte, em grandes centros urbanos, comumente utilizam concretos usinados. Essa opção deve-se a diversos fatores, entre eles: maior precisão na dosagem do concreto; maior uniformidade dos diversos traços; maior capacidade de produção; possibilidade de repasse da responsabilidade pela qualidade do material para empresa especializada; e eliminação dos espaços para estoque de materiais no canteiro (SANTOS, 2016).

Segundo Pacheco (2016), na produção de elementos de concreto armado, a concretagem consiste essencialmente no lançamento do concreto sobre a fôrma, na vibração para obter o adensamento, no nivelamento e acabamento superficial, em se tratando de lajes.

Para Santos (2016), o serviço de concretagem consiste em receber ou produzir o concreto, transportá-lo até o local de aplicação, lançá-lo nas fôrmas, espalhá-lo, adensá-lo, nivelá-lo e dar-lhe o acabamento necessário, para depois curá-lo.

A etapa de concretagem deve ter uma boa gestão e excelente planejamento de todos os fatores que interferem neste serviço. O ato de concretagem é a etapa para finalização do ciclo e mesmo com pequena duração, comparando com montagem das formas e aço, é de grande importância que seja bem executada para não tenha impacto nos próximos pavimentos. Na Figura 13 é possível visualizar a laje sendo concretada.

Figura 13 - Execução da concretagem de uma laje



FONTE: Autor (2016)

A utilização de bombas para o transporte de concreto permite a continuidade no fluxo do material e a redução da mão-de-obra necessária. As bombas podem ser estacionárias ou acopladas a lanças, e a opção entre elas é função das características do local a ser concretado, tais como, altura e dimensões, além das condições do canteiro.

O concreto deve ser transportado até o local de lançamento em tempo compatível com o início de pega do cimento. As adequações do canteiro de obras, especialmente do sistema de transporte de concreto, às características e particularidades da estrutura e da obra, são imprescindíveis para a otimização da utilização dos recursos.

Em função dos volumes a serem concretados, da velocidade de aplicação, da distância entre o recebimento e a utilização, entre outros aspectos, têm-se condições de ajustar o arranjo físico do canteiro, dimensionando o sistema de transporte de modo a obter maior rendimento da mão-de-obra e dos equipamentos e diminuir as interferências com as demais atividades. Para isso, torna-se necessário entender as diversas formas de se transportar o concreto (SANTOS, 2016).

O transporte do concreto inicia-se no local de produção do mesmo e só se encerra quando este chega à peça a ser concretada. O concreto deve ser transportado do local de recebimento para o de lançamento o mais rapidamente possível para que se mantenha a homogeneidade, evitando-se a segregação dos materiais.

De Andrade (2012) confirma essa posição afirmando que o concreto deverá ser transportado para o local de lançamento de tal forma que não acarrete desagregação ou

segregação de seus constituintes ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

A NBR 14931/2004 afirma que o concreto deverá ser transportado do local do amassamento para o de lançamento em intervalo não superior a uma hora, se não houver retardador de pega, e o meio utilizado deverá ser tal que não acarrete desagregação ou segregação de seus elementos ou perda sensível de qualquer deles por vazamento ou evaporação.

Conforme Figura 14, as bombas podem ser estacionárias ou acopladas a lanças, e a opção entre elas é função das características do local a ser concretado, tais como, altura e dimensões, e condições do canteiro. A bomba-lança tem a praticidade de movimentar o mangote mecanicamente durante a concretagem, além de evitar a montagem e desmontagem da tubulação fixa. Seus limitantes são a altura, as dimensões da laje e os espaços no canteiro.

Figura 14 - Bomba lança para bombeamento de concreto



FONTE: DO AUTOR (2016)

A bomba estacionária tem uma pressão maior, alcançando maiores alturas, podendo a sua tubulação fazer percursos horizontais e verticais até o local a ser concretado. Tem como desvantagens a necessidade de uma tubulação fixa, a retirada e remontagem dos tubos no decorrer da concretagem e a utilização de uma mão-de-obra maior para segurar o mangote (SANTOS, 2016).

A grua para o transporte de concreto pode fazer a movimentação horizontal e vertical; a sua adoção diminui a necessidade de mão-de-obra e pode-se transportar, além do concreto, a armadura, a fôrma, e outros itens, mas há a necessidade de planejar uma correta escala de operação para manter a grua ocupada (CARDOSO, 2014).

Para Santos (2016), qualquer que seja o sistema de transporte, é de suma importância o conhecimento do desempenho dos diversos equipamentos, bem como das suas adequabilidades face às diversas características do canteiro e do serviço.

2.2.5 Mão de obra

Atuante em todas as etapas anteriores, o uso da força humana é essencial para a execução de estruturas de concreto, seja realizando trabalhos físicos com montagem dos elementos e transporte de materiais ou trabalhos mais técnicos como leitura de projetos ou operação de equipamentos.

A presença do ser humano dentro da construção ainda é extremamente utilizado, ainda mais em nações nas quais a mão de obra ainda não atingiu custos tão elevados quanto as nações de primeiro mundo.

As classificações e as remunerações mínimas para cada classe que atua na construção civil são definidas (para a Região Metropolitana de Fortaleza) em convenções coletivas entre o sindicato da construção civil, Sinduscon/CE, e o sindicato dos trabalhadores da construção civil.

As atuais classificações definidas em convenção são:

- a) Servente: Empregado contratado para exercer funções de apoio ao meio-profissional e ao profissional;
- b) Meio-profissional ou auxiliar: Empregado contratado para funções de auxiliar a profissionais;
- c) Profissional: Empregado contratado para funções especializadas, tais como pedreiro, carpinteiro, ferreiro, etc;
- d) Encarregado: Profissional qualificado, com amplo conhecimento de setores específicos de uma obra de construção civil, tais como mestre de ferreiro, de carpinteiro, etc;
- e) Mestre de Obras: Profissional qualificado com conhecimento amplo de todas as fases de execução de uma obra de construção civil.

2.3 Cálculo dos custos de uma estrutura

2.3.1 *Composição dos custos de uma estrutura*

Libânio e Albuquerque (2002) afirmaram que, para uma correta composição dos custos de uma estrutura de concreto, devem ser considerados, além dos materiais utilizados, os custos decorrentes da mão de obra, do tempo de execução e dos recursos necessários para a execução da estrutura (equipamentos, escoras, dentre outros).

Neste mesmo texto, os autores fizeram a composição dos custos dos materiais utilizados em uma estrutura, os itens considerados, já incluindo M.O., foram:

- a) Concreto: metro cúbico (m^3);
- b) Aço: Quilograma (kg);
- c) Fôrma: metro quadrado (m^2).

Silva (2002) fez um trabalho comparativo entre os custos entre diferentes sistemas estruturais para três pavimentos teóricos, dessa vez, além dos custos com materiais foi desenvolvido também os custos com mão de obra, entretanto, os custos com mão de obra foram considerados apenas em função dos índices de consumos dos materiais, desconsiderando as peculiaridades dos vários sistemas estruturais.

Essa peculiaridade entre os custos de mão de obra existe somente com relação ao índice fôrmas. Silva (2002) faz essa justificativa pelo fato de que a MO referente ao item concreto seria relativa a lançamento, adensamento e cura, etapas essas que dependem somente do volume de concreto, assim, compatíveis com o índice m^3 , da mesma forma, a etapa de armação (dobramento e colocação nas fôrmas) depende apenas do peso de aço a ser montado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Visando alcançar tanto os objetivos gerais quanto os específicos, a metodologia de execução deste trabalho se divide em duas partes.

A primeira parte trata da metodologia utilizada para avaliar o impacto dos custos com M.O. dentro do custo total da estrutura de concreto. A segunda parte trata de analisar como variam os custos de M.O. entre diferentes estruturas.

O motivo de estas serem apresentadas como metodologias separadas se justifica por ambas terem sido desenvolvidas de forma independente, utilizando bases de dados distintas, e sem que os resultados obtidos em cada um dos estudos pudessem influenciar nos resultados obtidos no outro.

3.1 Avaliação do impacto da M.O no custo de estruturas de concreto

Para avaliar o impacto da M.O em estruturas de concreto foi seguido a seguinte metodologia:

3.1.1 Definição dos itens a serem considerados no orçamento

Para que a composição do custo da estrutura fosse feita de maneira mais fiel possível, foram identificados os itens mais relevantes dentro da curva ABC da estrutura de concreto. A seleção destes itens foi feita tanto com base na literatura quanto nas experiências tanto dos autores deste estudo quanto nos gestores consultados durante as pesquisas.

Os itens foram selecionados considerando tanto relevância destes para o custo como considerando a viabilidade de coleta destes dados.

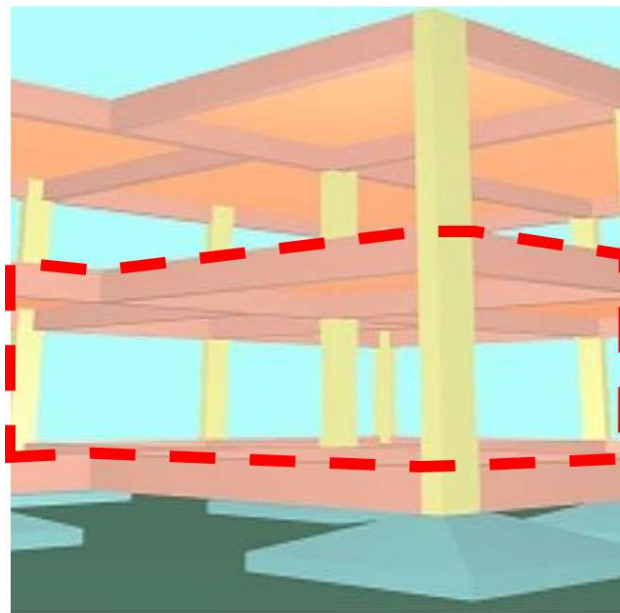
Os itens considerados foram:

- a) Tipo de edificação (Residencial, comercial, dentre outros);
- b) Tipo de solução estrutural adotada;
- c) Área construída por pavimento tipo;
- d) Volume de concreto;
- e) Peso de armadura passiva;
- f) Peso de armadura ativa;
- g) Área de fôrmas;

- h) Número de colaboradores envolvidos diretamente na execução da estrutura;
- i) Funções e salários dos colaboradores envolvidos;
- j) Número de dias de ciclo (tempo entre a execução de uma laje e da laje subsequente).

Neste estudo, foi considerado pavimento tipo todos elementos entre um pavimento e seu sucessor, dessa forma, em todos os quantitativos, sejam de materiais ou de M.O. foram considerados itens como pilares, escadas e demais elementos que por ventura pudessem existir.

Figura 15 - Delimitação do Pavimento tipo: Todos os elementos, da estrutura, entre o topo de um pavimento e o topo do pavimento subsequente



FONTE: Autor (2018)

3.1.2 Escolha da base inicial de obras

A seleção das obras que foram analisadas nesta etapa se deu segundo a disponibilidade de obtenção dos dados identificados anteriormente.

Tal coleta de dados é particularmente difícil pelo nível de confidencialidade presente tanto nas construtoras quanto nas empresas terceiradas, que visam preservar a imagem e o desempenho de seus clientes.

Dessa forma, foram coletados dados de 28 obras de edifícios verticais, todas estas obras acontecendo na cidade de Fortaleza e tendo a execução de sua estrutura acontecendo entre 2014 e 2017.

Por motivos de confidencialidade, as obras serão apresentadas sem menção ao nome ou a construtora.

A lista das 28 obras, com alguns de seus dados principais está apresentado na Tabela 1:

Tabela 1 – Lista das 28 obras, com seus quantitativos e sistema estrutural

OBRA	VOLUME (M³)	ÁREA CONSTRUÍDA (M²)	ÁREA DE FÔRMA (M²)	PESO ARMADURA PASSIVA (KG)	PESO ARMADURA ATIVA (KG)	LAJES POR MÊS (quantidade)	TIPO DE SISTEMA ESTRUTURAL
OBRA 1	143,87	663,89	838,20	8.825,26	2.112,46	3	LAJE MACIÇA LISA
OBRA 2	98,24	564,55	936,26	8.742,22	397,21	3	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA
OBRA 3	94,04	419,23	706,69	6.983,23	0,00	3,5	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 4	131,27	622,52	953,84	11.222,49	459,69	3	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA
OBRA 5	173,54	707,00	1.065,81	10.539,33	2.063,47	3,5	LAJE MACIÇA LISA
OBRA 6	173,54	707,00	1.065,81	10.539,33	2.063,47	3,5	LAJE MACIÇA LISA
OBRA 7	114,87	580,38	927,77	8.898,23	1.523,72	3	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 8	114,62	580,16	886,00	8.989,57	1.523,00	3	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 9	84,03	362,91	539,83	6.516,00	0,00	3	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 10	89,26	402,54	743,76	6.589,18	730,65	3	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 11	118,47	489,24	935,91	10.947,31	0,00	3,5	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA
OBRA 12	71,03	295,58	507,71	3.740,33	1.212,00	3,5	LAJE LISA NERVURADA

OBRA	VOLUME (M³)	ÁREA CONSTRUÍDA (M²)	ÁREA DE FÔRMA (M²)	PESO ARMADURA PASSIVA (KG)	PESO ARMADURA ATIVA (KG)	LAJES POR MÊS (quantidade)	TIPO DE SISTEMA ESTRUTURAL
OBRA 13	72,71	300,98	450,78	6.315,00	0,00	3	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 14	59,88	270,73	516,47	5.458,85	368,86	3,5	LAJE LISA NERVURADA CONVENCIONAL
OBRA 15	82,08	391,38	660,70	7.119,06	320,49	3	DE LAJE NERVURADA CONVENCIONAL
OBRA 16	127,12	568,28	1.074,45	12.365,50	0,00	2,1	DE LAJE NERVURADA
OBRA 17	51,54	232,20	429,21	3.581,00	643,00	4,6	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 18	59,20	270,73	516,47	5.458,85	368,86	3	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 19	100,60	496,50	939,76	10.486,00	504,36	3	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 20	94,59	385,59	726,53	7.455,35	575,52	3,2	LAJE LISA NERVURADA CONVENCIONAL
OBRA 21	82,41	365,00	742,63	8.469,27	0,00	1,75	DE LAJE NERVURADA CONVENCIONAL
OBRA 22	98,15	474,71	846,54	11.866,43	278,21	1,4	DE LAJE NERVURADA CONVENCIONAL
OBRA 23	69,68	307,68	640,10	6.132,72	388,75	4,2	DE LAJE NERVURADA
OBRA 24	46,94	196,15	411,15	5.838,20	122,46	3,5	LAJE LISA NERVURADA
OBRA 25	72,40	297,65	596,29	6.446,15	489,95	2,1	LAJE LISA NERVURADA CONVENCIONAL
OBRA 26	69,10	289,80	502,34	7.093,00	603,00	3	DE LAJE NERVURADA
OBRA 27	95,89	364,54	792,01	8.722,15	0,00	3,5	CONVENCIONAL DE LAJE MACIÇA
OBRA 28	65,30	257,69	536,19	6.112,06	599,50	3	LAJE LISA NERVURADA

FONTE: AUTOR (2018)

3.1.3 Coleta de dados

Uma vez selecionadas as 28 obras que participariam deste estudo inicial foram realizadas coletas dos dados relativos a estas obras.

Os dados foram coletados com base em consultas a projetos, planilhas de controle interno e ainda levantamentos in loco.

3.1.4 Composição dos custos

Uma vez coletados os dados das 28 obras, foi possível ter os quantitativos idealizados na primeira etapa de modo que fosse possível fazer uma composição dos custos da estrutura.

3.1.5 Custo da M.O

Uma vez coletados todos os índices idealizados anteriormente, foi possível o cálculo do custo da M.O de duas formas distintas.

A primeira forma é via estimativa, tal estimativa oriunda das tabelas de consumo da Seinfra. A segunda forma de cálculo do custo da M.O. foi feita com base nos salários dos operários que efetivamente atuaram na obra (todos os salários acrescidos dos impostos descritos no item 3.1.5.3).

3.1.5.1 Cálculo da M.O com base nas tabelas Seinfra

Nesta etapa, o cálculo foi feito da seguinte forma: Primeiro foram computados todos os itens relacionados aos serviços necessários para a execução da estrutura e foram registrados os respectivos custos com M.O. necessários em cada etapa da estrutura. As tabelas utilizadas foram:

- a) C0461 – Bombeamento de concreto;
- b) C0851 – Concreto pré-misturado fck de 30Mpa;
- c) C3985 – Armadura de cordoalha CP-190RB;
- d) C4151 – Armadura de aço CA 50/60;
- e) C4281 – Forma p/ concreto “in loco” fabricação;

- f) C4282 – Forma p/ concreto “in loco” aplicação;
- g) C4301 – Forma para concreto “in loco”, inclusive desforma.

Assim, para cada um dos itens acima foram calculados tantos os custos estimados com M.O quanto os custos acumulados de M.O somado a encargos. Feito isso, foi possível estimar os custos com M.O para toda o pavimento multiplicando os valores obtidos nesta etapa com os quantitativos obtidos na etapa anterior.

3.1.5.1.1 Cálculo do custo do concreto

Com base nas tabelas descritas anteriormente, o custo do item concreto, por m³, é a apresentado no Quadro 1. Nessa composição não há componente da M.O., sendo justificado por uma possível incorporação desse custo ao item Bombeamento de concreto, porém a Seinfra não oferece esse valor de forma discretizada.

Quadro 1 – Composição, por m³, para concreto usinado

Concreto					
Serviço	Código	Unidade	Coeficiente	Preço	Total
Concreto pré-misturado fck 30 Mpa	I0829	m ³	1,02	R\$ 278,00	R\$ 283,56
Bombeamento de Concreto	I0266	m ³	1,00	R\$ 41,00	R\$ 41,00
Total					R\$324,56

FONTE: SEINFRA (2018)

3.1.5.1.2 Cálculo do custo do aço

Novamente com base nas Seinfra, os custos para o item aço estão no Quadro 2:

Quadro 2 – Composição, por kg, para armadura passiva

Aço						
Serviço	Código	Unidade	Coeficiente	Preço	Total	
Material + transporte						
Arame recozido n. 18 bwg	I0103	kg	0,02	R\$ 9,97	R\$	0,20
Aço ca - 50/60	I0266	kg	1,05	R\$ 4,05	R\$	4,25
Caminhão comerc. equipado c/ guindaste	I0705	H	0,01	R\$ 99,00	R\$	0,79
Total material + transporte		kg			R\$	5,24
M.O.						
Ajudante de Armador/ferreiro	I0040	H	0,08	R\$ 5,60	R\$	0,45
Armador/Ferreiro	I0121	H	0,08	R\$ 7,20	R\$	0,58
Encargos					R\$	1,26
Total M.O.		kg			R\$	2,28
Total		kg			R\$	7,53

FONTE: SEINFRA (2018)

Assim, será considerado para as composições futuras o custo por kg de R\$ 5,24 e o custo da M.O. (incluindo encargos) de R\$ 2,28 por kg.

3.1.5.1.3 Cálculo do custo da protensão

Analogamente a armadura passiva, os custos da armadura ativa estão apresentados no Quadro 3:

Quadro 3 – Composição, por kg, para protensão não aderente

Protensão						
Serviço	Código	Unidade	Coeficiente	Preço	Total	
Material + transporte						
Cordoalha Cp-190-RB D=12,7mm	I0861	kg	1,1	R\$ 5,95	R\$	6,55
Conjunto de equipamentos para protensão	I0849	kg	1,10	R\$ 3,95	R\$	4,35
Total material + transporte		kg			R\$	10,89
M.O.						
Ajudante de Armador/ferreiro	I0040	H	0,07	R\$ 5,60	R\$	0,39
Armador/Ferreiro	I0121	H	0,20	R\$ 7,20	R\$	1,44
Encargos					R\$	2,13
Total M.O.		kg			R\$	3,96
Total		kg			R\$	14,85

FONTE: SEINFRA (2018)

Assim, o custo do insumo será R\$ 10,89 por kg e o custo com M.O. incluindo encargos, de R\$ 3,96, também por kg.

3.1.5.1.4 Cálculo do custo de fôrmas de madeira

No caso das fôrmas, foram divididas em duas partes, fôrmas de madeira, utilizadas para pilares, vigas, escadas, complementos de laje, etc.

O custo por m² é apresentado no Quadro 4:

Quadro 4 – Composição, por m², para sistemas de fôrmas convencionais

Fôrma para concreto "in loco", inclusive desforma						
Serviço	Código	Unidade	Coefficiente	Preço	Total	
M.O.						
Ajudante de Carpinteiro	I0041	H	0,25	R\$ 5,60	R\$ 1,40	
Carpinteiro	I0498	H	0,25	R\$ 7,20	R\$ 1,80	
Total M.O.		m²			R\$ 3,20	
Fôrma para concreto "in loco" (aplicação)						
Material + transporte						
Madeira (Peroba)	I1495	m ³	0,004	R\$ 2.800,00	R\$ 11,20	
Prego 18x30	I1730	kg	0,04	R\$ 9,77	R\$ 0,39	
Peças metálicas p/formas	I8207	kg	2,42	R\$ 7,55	R\$ 18,27	
Grua	I7960	H	0,04	R\$ 394,00	R\$ 15,76	
Total material + equipamentos		m²			R\$ 45,62	
M.O.						
Ajudante	I0037	H	0,75	R\$ 5,60	R\$ 4,20	
Carpinteiro	I0498	H	0,75	R\$ 7,20	R\$ 5,40	
Total M.O.		m²			R\$ 9,60	
Total		m²			R\$ 55,22	
Fôrma para concreto "in loco" (fabricação)						
Material + transporte						
Madeira (Peroba)	I1495	m ³	0,008	R\$ 2.800,00	R\$ 22,40	
Chapa compensada Plastificada 18mm	I0524	m ²	0,22	R\$ 38,75	R\$ 8,53	
Prego 18x30	I1730	kg	0,04	R\$ 9,77	R\$ 0,39	
Total material + equipamentos		m²			R\$ 31,32	
M.O.						
Ajudante	I0037	H	0,10	R\$ 5,60	R\$ 0,56	
Carpinteiro	I0498	H	0,10	R\$ 7,20	R\$ 0,72	
Total M.O.		m²			R\$ 1,28	
Total		m²			R\$ 32,60	
Total material + equipamentos		m²			R\$ 76,94	
Total M.O. (Sem Encargos)		m ²			R\$ 14,08	
Encargos		m ²			R\$ 16,38	
Total M.O. (Com Encargos)		m²			R\$ 30,46	
Total		m²			R\$ 107,40	

FONTE: SEINFRA (2018)

Assim, foi considerado um custo com materiais de R\$ 76,94 por m² de fôrma, enquanto o custo com M.O. e encargos somou R\$ 30,46.

3.1.5.1.5 Cálculo do custo de fôrmas plásticas

Diferentemente das fôrmas anteriores, as fôrmas plásticas utilizadas em laje não têm o seu preço definido por m², e sim unidade (caso das cubetas, plasterits ou escoras) ou mesmo por mês (caso de cimbramento e reescoramento).

Como todos os materiais são itens locados, foi feita uma conversão de unidades para a unidade de m², porém todos estes continuam vinculados ao tempo, quando for considerado o custo por laje, será feita a divisão pelo número de lajes por mês.

Foi considerado, tanto a para sistemas de laje nervurada quanto de lajes maciças a utilização de 2 jogos de fôrmas simultâneos, solução que permite que seja montado a fôrma de um pavimento mesmo sem a desforma do pavimento anterior.

Quadro 5 - Composição, por m²/mês, de sistemas de fôrmas não convencionais

Fôrmas plásticas para laje					
Serviço	Código	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
Cubeta 80x80x20		m ²	1,56	R\$ 7,80	R\$ 12,19
Plasterit		m ²	2,69	R\$ 2,80	R\$ 7,52
Cimbramento		m ²	1,00	R\$ 9,30	R\$ 9,30
Reescoramento		m ²	0,35	R\$ 9,30	R\$ 3,26
Escoramento		m ²	2,00	R\$ 4,00	R\$ 8,00
Total		m²/mês			R\$ 40,27
Lajes com ciclo médio 7 dias ou menos costumam ter, para cada sistema estrutural:					
Fôrmas plásticas para laje - Laje Nervurada					
Serviço	Código	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
Cubeta 80x80x20 (2 jogos)		m ²	3,13	R\$ 7,80	R\$ 24,38
Cimbramento		m ²	1,00	R\$ 9,30	R\$ 9,30
Reescoramento		m ²	0,35	R\$ 9,30	R\$ 3,26
Escoramento (2 jogos)		m ²	4,00	R\$ 4,00	R\$ 16,00
Total		m²/mês			R\$ 52,93
Fôrmas plásticas para laje - Laje Maciça					
Serviço	Código	Unidade	Coefficiente	Preço	Total
Plasterit (2 jogos)		m ²	5,37	R\$ 2,80	R\$ 15,05
Cimbramento		m ²	1,00	R\$ 9,30	R\$ 9,30
Reescoramento		m ²	0,35	R\$ 9,30	R\$ 3,26
Escoramento (2 jogos)		m ²	4,00	R\$ 4,00	R\$ 16,00
Total		m²/mês			R\$ 43,60

FONTE: AUTOR (2018)

Os coeficientes utilizados para cubeta e plasterit são calculados de acordo com o número de peças necessárias para cobrir uma área de 1 m². Portanto:

Para cubeta de (80x80 cm):

$$C = \frac{1}{0,80 \times 0,80} = 1,56$$

Para plasterit (61x61 cm):

$$C = \frac{1}{0,61 \times 0,61} = 2,69$$

Percebe-se também que nesse custo não há qualquer menção ao custo da M.O., mesmo esse sistema sendo reconhecidamente mais produtivo (de forma empírica), devido à falta de estudos que comprovem os números mais precisos, será considerada como custo de M.O o mesmo valor encontrado anteriormente para fôrmas convencionais.

3.1.5.2 Cálculo da M.O com base no número de funcionários e no ciclo da obra

Nesta segunda estimativa, não é feita nenhuma utilização das tabelas Seinfra, a estimativa do custo da M.O por metro quadrado foi feita da seguinte maneira.

Equação 1- Cálculo do custo por m² em função ciclo da laje

$$\text{Custo por m}^2 = \frac{\text{Custo total dos funcionários} \cdot \text{Número de lajes por mês}}{\text{Área do pavimento}}$$

Ou, desmembrando as variáveis:

$$\text{Custo por m}^2 = \frac{\sum \text{salários} \cdot (1 + \text{encargos})}{\text{Área do pavimento}} \cdot \frac{\text{dias trabalhados por mês}}{\text{ciclo da laje}}$$

3.1.5.3 Salários

Conforme apresentado no item 2.2.5 (Mão de obra), foram padronizadas cinco funções responsáveis pela execução da estrutura, tais funções são apresentadas novamente abaixo:

- a) Mestre;
- b) Encarregado;

- c) Profissional;
- d) Auxiliar;
- e) Servente.

Com o objetivo de padronizar os salários entre as construtoras e suas diferentes remunerações de funcionários e suas diferentes formas de bonificação, foram considerados salários fixos por função, independente da construtora ou do tipo de serviço envolvido (carpintaria, ferragem, etc).

O percentual de encargos apresentado foi calculado com base no trabalho apresentado pela CBIC (2009) que analisou todos os custos relativos a funcionários da construção civil, considerando fatores como tempo médio de serviço, pagamento de aviso prévio, dentre diversos outros fatores nem sempre considerados.

Quadro 6 – Salários considerados, valores de convenção e valores de convenção mais encargos

	Sálario (convenção 2017/2018)	Sálario com encargos (135%)
Mestre	R\$ 2.517,79	R\$ 5.916,81
Encarregado	R\$ 1.707,49	R\$ 4.012,60
Profissional	R\$ 1.453,10	R\$ 3.414,79
Auxiliar	R\$ 1.079,35	R\$ 2.536,47
Servente	R\$ 957,91	R\$ 2.251,09

FONTE: CONVENÇÃO (2018)

3.2 Avaliação da variabilidade da M.O no custo de estruturas de concreto

Para avaliar a variabilidade da M.O em estruturas de concreto foi seguido uma metodologia semelhante a anterior, porém com alguns pontos destoantes.

3.2.1 Definição dos itens a serem considerados no orçamento

Como, neste segundo estudo não há interesse em se obter o custo total da estrutura e sim apenas o custo da M.O., os itens a serem coletados foram reduzidos a:

- a) Identificação do empreendimento;
- b) Área construída por pavimento;
- c) Número de colaboradores envolvidos diretamente na execução da estrutura;

- d) Funções e salários dos colaboradores envolvidos;
- e) Número de dias de ciclo;

3.2.2 Escolha das obras a serem consideradas

De maneira similar a anterior, também se teve dificuldade para a coleta dos dados, tal receio das obras em fornecer estes dados é justificada pelo conhecimento prévio que haveria um ordenamento entres estas diversas obras, expondo tanto as mais eficientes quanto as menos produtivas.

Dessa forma, contou-se com a ajuda da Impacto, em fornecer seus próprios dados referentes aos seus clientes. Essa medida foi possível devido ao convencimento feito pela Impacto junto aos seus clientes e ao Sinduscon/CE de que o compartilhamento destas informações é de grande valia para o desenvolvimento da indústria da construção civil como um todo.

No total foram coletados dados de 111 obras distintas, totalizando informações de 673 pavimentos.

Todas as obras foram realizadas no Brasil, tendo sido a maioria no estado do Ceará, com sua estrutura tendo sido executada no período entre 2014 e 2018.

Novamente por motivos de confidencialidade, as obras serão apresentadas sem menção ao nome ou a construtora.

3.2.3 Coleta de dados

Nesta etapa, todos os dados foram coletados de forma secundária através do banco de dados da Impacto. Porém, a coleta de dados primária (abastecimento do banco de dados da empresa) é feita de uma maneira um pouco distinta dependendo da obra:

- a) Clientes com protensão: A equipe técnica da Impacto vai a obra durante a execução da laje e confere com os gestores da obra a quantidade de funcionários envolvidos diretamente com a execução da estrutura.
- b) Clientes com fôrmas: A equipe técnica da Impacto pede, para os gestores da obra, a quantidade de funcionários envolvidos na execução da estrutura. Nesse caso, não há conferência acerca da quantidade de funcionários envolvidos.

- c) Não clientes: O fornecimento dos dados é feito de forma espontânea e orgânica, não há conferência da Impacto, a menos que a obra fique posicionada entre as primeiras do ranking vigente (ranking das obras em andamento).

3.2.4 Seleção dos dados as serem considerados

Primeiramente, foram desconsiderados todos os dados que não se referissem a pavimentos tipo de seus empreendimentos. Tal medida foi adotada devido ao regular incremento de produtividade que ocorre nos pavimentos tipo, justificado principalmente devido a repetição e ao desenvolvimento de procedimentos, formais ou não, que levam a ganhos de produtividade. Dessa forma, pavimentos como subsolo, térreo, pilotis ou coberta não estão dentro da base de dados analisada.

Em seguida, foram removidos os *outliers* da amostra, foram removidas tanto as obras que apresentavam os piores desempenhos quanto a que apresentava o melhor desempenho entre todas, por esta ser uma obra com características muito atípicas, podendo influenciar negativamente a qualidade dos dados.

As obras restantes foram avaliadas neste trabalho, porém, com o objetivo de padronizar os dados, foi considerado para a base de dados final, apenas 1 pavimento de cada empreendimento, sempre o pavimento que apresentava melhor desempenho entre os pavimentos com dados disponíveis.

Sendo assim, a base de dados final contou com informações de 103 pavimentos, todos de empreendimentos verticais distintos e todos referentes a pavimentos tipo.

3.2.5 Composição dos custos

Como o foco é somente nos custos oriundos da M.O., foi feito um cálculo idêntico ao apresentado no item 3.1.5.2 - Cálculo da M.O com base no número de funcionários e no ciclo da obra.

3.2.6 Seleção dos dados das obras

A seleção dos dados que seriam avaliados veio da literatura e da experiência da Impacto e das empresas atendidas por esta, que estão sempre em busca de melhorar seus processos.

Foram avaliados a variação do custo por m² com os indicadores:

- a) Área construída do pavimento;
- b) Ciclo da laje;
- c) Tamanho da equipe;
- d) Tamanho relativo da equipe;
- e) Especialização da equipe;

Além disso foram calculados os custos mensais da obra com a M.O., tanto em valores absolutos quando em valores por m², já que a muitas vezes uma justificativa para não ter grandes variações na equipe é o custo previsto mensal, mesmo que isso torne o processo menos produtivo e resultando em um aumento do custo por m².

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise do impacto do custo da M.O. no custo da estrutura

Durante a coleta de dados, foram obtidas diversas informações acerca das 28 obras como pôde ser visto na Tabela 1.

Além desses dados apresentados anteriormente também foram utilizados outros dados, tais como:

Tabela 2 - Quantitativo de concreto, fôrmas e armaduras por pavimento tipo

OBRA	VOLUME (M³)	ÁREA CONSTRUÍDA (M²)	ÁREA DE FÔRMA (M²)	PESO ARMADURA PASSIVA (KG)	PESO ARMADURA ATIVA (KG)
OBRA 1	143,87	663,89	838,20	8.825,26	2.112,46
OBRA 2	98,24	564,55	936,26	8.742,22	397,21
OBRA 3	94,04	419,23	706,69	6.983,23	0,00
OBRA 4	131,27	622,52	953,84	11.222,49	459,69
OBRA 5	173,54	707,00	1.065,81	10.539,33	2.063,47
OBRA 6	173,54	707,00	1.065,81	10.539,33	2.063,47
OBRA 7	114,87	580,38	927,77	8.898,23	1.523,72
OBRA 8	114,62	580,16	886,00	8.989,57	1.523,00
OBRA 9	84,03	362,91	539,83	6.516,00	0,00
OBRA 10	89,26	402,54	743,76	6.589,18	730,65
OBRA 11	118,47	489,24	935,91	10.947,31	0,00

OBRA	VOLUME (M³)	ÁREA CONSTRUÍDA (M²)	ÁREA DE FÔRMA (M²)	PESO ARMADURA PASSIVA (KG)	PESO ARMADURA ATIVA (KG)
OBRA 12	71,03	295,58	507,71	3.740,33	1.212,00
OBRA 13	72,71	300,98	450,78	6.315,00	0,00
OBRA 14	59,88	270,73	516,47	5.458,85	368,86
OBRA 15	82,08	391,38	660,70	7.119,06	320,49
OBRA 16	127,12	568,28	1.074,45	12.365,50	0,00
OBRA 17	51,54	232,20	429,21	3.581,00	643,00
OBRA 18	59,20	270,73	516,47	5.458,85	368,86
OBRA 19	100,60	496,50	939,76	10.486,00	504,36
OBRA 20	94,59	385,59	726,53	7.455,35	575,52
OBRA 21	82,41	365,00	742,63	8.469,27	0,00
OBRA 22	98,15	474,71	846,54	11.866,43	278,21
OBRA 23	69,68	307,68	640,10	6.132,72	388,75
OBRA 24	46,94	196,15	411,15	5.838,20	122,46
OBRA 25	72,40	297,65	596,29	6.446,15	489,95
OBRA 26	69,10	289,80	502,34	7.093,00	603,00
OBRA 27	95,89	364,54	792,01	8.722,15	0,00
OBRA 28	65,30	257,69	536,19	6.112,06	599,50

FORNTE: AUTOR (2018)

Na Tabela 2 são apresentados os quantitativos de concreto e armaduras nas unidades pelas quais esses materiais são efetivamente adquiridos. O quantitativo de fôrmas está em área de fôrma, que é um item relacionado, mas que não é tão direto quanto os itens anteriores.

Após a separação dos quantitativos de insumos foi feita a quantificação dos profissionais envolvidos nas obras. Foram considerados somente os atuantes diretamente na execução da estrutura, sendo todos classificados nas funções descritas no item 2.2.5 Mão de obra.

Não estão considerados outros funcionários que não sejam os listados no item citado acima, mesmo sabendo da existência de outras funções dentro da obra e de sua importância, porém, foram consideradas apenas os profissionais que atuavam exclusivamente na execução da estrutura. Dessa forma, diversos profissionais não foram contabilizados, tais como:

- a) Engenheiros;
- b) Técnicos de edificações;
- c) Técnicos de segurança;
- d) Estagiários;
- e) Almoхарife;
- f) Porteiro, dentre outros.

Tabela 3 - Quantitativo das equipes, por função

OBRA	SERVENTE	AUXILIAR	PROFISSIONAL	ENCARREGADO	MESTRE	TOTAL DE PROFISSIONAIS
OBRA 1	8	4	11	0	1	24
OBRA 2	7	6	17	2	0,5	32,5
OBRA 3	10	10	10	2	1	33
OBRA 4	6	5	19	2	0,5	32,5

OBRA	SERVENTE	AUXILIAR	PROFISSIONAL	ENCARREGADO	MESTRE	TOTAL DE PROFISSIONAIS
OBRA 5	2	10	18	1,5	0,5	32
OBRA 6	1	11	18	1,5	0,5	32
OBRA 7	7	9	12	2	1	31
OBRA 8	8	10,7	11,7	2	1	33,4
OBRA 9	6,3	8	9	2	1	26,3
OBRA 10	5,5	4,4	11,9	1,3	0,7	23,7
OBRA 11	7	14	11	2	1	35
OBRA 12	6	8	7	1	1	23
OBRA 13	6,3	8	9	2	1	26,3
OBRA 14	5,0	3,4	7,0	1,2	0,7	17,2
OBRA 15	4	10	16	1,5	1	32,5
OBRA 16	7	11	8	2	1	29
OBRA 17	8	9	8	1	1	27
OBRA 18	4,6	3,3	7,4	1,1	0,7	17,1
OBRA 19	12	9	20	1	0,5	42,5
OBRA 20	4	8	15	2	1	30
OBRA 21	1	1	9	2	0,5	13,5
OBRA 22	3	1	9	2	0,5	15,5

OBRA	SERVENTE	AUXILIAR	PROFISSIONAL	ENCARREGADO	MESTRE	TOTAL DE PROFISSIONAIS
OBRA 23	9	12	13	1,5	1	36,5
OBRA 24	3	1	3	2	1	10
OBRA 25	4	4	5	0	1	14
OBRA 26	8	9	8	1	1	27
OBRA 27	16	11	11	2	1	41
OBRA 28	3,4	7,4	7,6	1,7	1	21,1

FONTE: AUTOR (2018)

É importante frisar que os valores em alguns casos não são números inteiros devido ao fato de que obras com mais de uma torre, ou de maneira geral, com mais de um pavimento sendo executado ao mesmo tempo, pode contar com o compartilhamento de profissionais entres os diferentes pavimentos.

Uma vez separados por atribuição, foi feito o cálculo dos custos, mensais, atrelados a esses funcionários.

Tabela 4 - Quantitativos dos custos mensais com M.O. (com encargos) separados por função

OBRA	SALÁRIO POR FUNÇÃO						CUSTOS MENSAIS	
	R\$ 2.251,09	R\$ 2.536,47	R\$ 3.414,79	R\$ 4.012,60	R\$ 5.916,80			
	SERVE NTE	AUXILIAR	PROFISSIONAL	ENCARR EGADO	MESTRE	TOTAL DE PROFISSIONAIS	TOTAL	POR FUNCIONÁRIO
OBRA 1	8	4	11	0	1	24	R\$ 71.634,09	R\$ 2.984,75
OBRA 2	7	6	17	2	0,5	32,5	R\$ 100.011,48	R\$ 3.077,28
OBRA 3	10	10	10	2	1	33	R\$ 95.965,50	R\$ 2.908,05
OBRA 4	6	5	19	2	0,5	32,5	R\$ 102.053,50	R\$ 3.140,11
OBRA 5	2	10	18	1,5	0,5	32	R\$ 100.310,40	R\$ 3.134,70
OBRA 6	1	11	18	1,5	0,5	32	R\$ 100.595,78	R\$ 3.143,62
OBRA 7	7	9	12	2	1	31	R\$ 93.505,34	R\$ 3.016,30
OBRA 8	8	10,7	11,7	2	1	33,4	R\$ 99.163,02	R\$ 2.965,40
OBRA 9	6,3	8	9	2	1	26,3	R\$ 79.223,77	R\$ 3.008,50
OBRA 10	5,5	4,4	11,9	1,3	0,7	23,7	R\$ 73.277,51	R\$ 3.087,95
OBRA 11	7	14	11	2	1	35	R\$ 102.772,90	R\$ 2.936,37
OBRA 12	6	8	7	1	1	23	R\$ 67.631,23	R\$ 2.940,49
OBRA 13	6,3	8	9	2	1	26,3	R\$ 79.223,77	R\$ 3.008,50
OBRA 14	5,0	3,4	7,0	1,2	0,7	17,2	R\$ 52.421,82	R\$ 3.044,77
OBRA 15	4	10	16	1,5	1	32,5	R\$ 100.941,40	R\$ 3.105,89

OBRA	SALÁRIO POR FUNÇÃO						CUSTOS MENSAIS	
	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$			
	2.251,09	2.536,47	3.414,79	4.012,60	5.916,80			
	SERVE NTE	AUXILIAR	PROFISSIONAL	ENCARR EGADO	MESTRE	TOTAL DE PROFISSIONAIS	TOTAL	POR FUNCIONÁRIO
OBRA 16	7	11	8	2	1	29	R\$ 84.919,12	R\$ 2.928,25
OBRA 17	8	9	8	1	1	27	R\$ 78.084,67	R\$ 2.892,02
OBRA 18	4,6	3,3	7,4	1,1	0,7	17,1	R\$ 52.412,17	R\$ 3.073,84
OBRA 19	12	9	20	1	0,5	42,5	R\$ 125.108,11	R\$ 2.943,72
OBRA 20	4	8	15	2	1	30	R\$ 94.459,97	R\$ 3.148,67
OBRA 21	1	1	9	2	0,5	13,5	R\$ 46.504,27	R\$ 3.444,76
OBRA 22	3	1	9	2	0,5	15,5	R\$ 51.006,45	R\$ 3.290,74
OBRA 23	9	12	13	1,5	1	36,5	R\$ 107.025,42	R\$ 2.932,20
OBRA 24	3	1	3	2	1	10	R\$ 33.476,11	R\$ 3.347,61
OBRA 25	4	4	5	0	1	14	R\$ 42.140,99	R\$ 3.010,07
OBRA 26	8	9	8	1	1	27	R\$ 78.084,67	R\$ 2.892,02
OBRA 27	16	11	11	2	1	41	R\$ 115.423,30	R\$ 2.815,20
OBRA 28	3,4	7,4	7,6	1,7	1	21,1	R\$ 65.210,75	R\$ 3.084,29

FONTE: AUTOR (2018)

Uma vez calculados os custos mensais com M.O. e sabendo a o ciclo da laje e o número de dias trabalhados por mês, é possível, com a Equação 1, calcular o custo, por metro quadrado, da M.O. para cada obra.

Tabela 5 - Custos por laje e por m² da M.O. (em função da equipe real, com encargos)

OBRA	ÁREA CONSTRUÍDA (M ²)	LAJES POR MÊS	TOTAL DE PROFISSIONAIS	CUSTOS MENSAIS		CUSTOS DA M.O	
				TOTAL	POR FUNCIONÁRIO	POR LAJE	POR M ²
OBRA 1	663,89	3	24	R\$ 71.634,09	R\$ 2.984,75	R\$ 23.878,03	R\$ 35,97
OBRA 2	564,55	3	32,5	R\$ 100.011,48	R\$ 3.077,28	R\$ 33.337,16	R\$ 59,05
OBRA 3	419,23	3,5	33	R\$ 95.965,50	R\$ 2.908,05	R\$ 27.418,71	R\$ 65,40
OBRA 4	622,52	3	32,5	R\$ 102.053,50	R\$ 3.140,11	R\$ 34.017,83	R\$ 54,65
OBRA 5	707,00	3,5	32	R\$ 100.310,40	R\$ 3.134,70	R\$ 28.660,11	R\$ 40,54
OBRA 6	707,00	3,5	32	R\$ 100.595,78	R\$ 3.143,62	R\$ 28.741,65	R\$ 40,65
OBRA 7	580,38	3	31	R\$ 93.505,34	R\$ 3.016,30	R\$ 31.168,45	R\$ 53,70
OBRA 8	580,16	3	33,4	R\$ 99.163,02	R\$ 2.965,40	R\$ 33.054,34	R\$ 56,97
OBRA 9	362,91	3	26,3	R\$ 79.223,77	R\$ 3.008,50	R\$ 26.407,92	R\$ 72,77
OBRA 10	402,54	3	23,7	R\$ 73.277,51	R\$ 3.087,95	R\$ 24.425,84	R\$ 60,68
OBRA 11	489,24	3,5	35	R\$ 102.772,90	R\$ 2.936,37	R\$ 29.363,69	R\$ 60,02
OBRA 12	295,58	3,5	23	R\$ 67.631,23	R\$ 2.940,49	R\$ 19.323,21	R\$ 65,37
OBRA 13	300,98	3	26,3	R\$ 79.223,77	R\$ 3.008,50	R\$ 26.407,92	R\$ 87,74

OBRA	ÁREA CONSTRUÍDA (M²)	LAJES POR MÊS	TOTAL DE PROFISSIONAIS	CUSTOS MENSAIS		CUSTOS DA M.O	
				TOTAL	POR FUNCIONÁRIO	POR LAJE	POR M²
OBRA 14	270,73	3,5	17,2	R\$ 52.421,82	R\$ 3.044,77	R\$ 14.977,66	R\$ 55,32
OBRA 15	391,38	3	32,5	R\$ 100.941,40	R\$ 3.105,89	R\$ 33.647,13	R\$ 85,97
OBRA 16	568,28	2,1	29	R\$ 84.919,12	R\$ 2.928,25	R\$ 40.437,68	R\$ 71,16
OBRA 17	232,20	4,6	27	R\$ 78.084,67	R\$ 2.892,02	R\$ 16.974,93	R\$ 73,10
OBRA 18	270,73	3	17,1	R\$ 52.412,17	R\$ 3.073,84	R\$ 17.470,72	R\$ 64,53
OBRA 19	496,50	3	42,5	R\$ 125.108,11	R\$ 2.943,72	R\$ 41.702,70	R\$ 83,99
OBRA 20	385,59	3,2	30	R\$ 94.459,97	R\$ 3.148,67	R\$ 29.237,61	R\$ 75,83
OBRA 21	365,00	1,75	13,5	R\$ 46.504,27	R\$ 3.444,76	R\$ 26.573,87	R\$ 72,81
OBRA 22	474,71	1,4	15,5	R\$ 51.006,45	R\$ 3.290,74	R\$ 36.433,18	R\$ 76,75
OBRA 23	307,68	4,2	36,5	R\$ 107.025,42	R\$ 2.932,20	R\$ 25.482,24	R\$ 82,82
OBRA 24	196,15	3,5	10	R\$ 33.476,11	R\$ 3.347,61	R\$ 9.564,60	R\$ 48,76
OBRA 25	297,65	2,1	14	R\$ 42.140,99	R\$ 3.010,07	R\$ 20.067,14	R\$ 67,42
OBRA 26	289,80	3	27	R\$ 78.084,67	R\$ 2.892,02	R\$ 26.028,22	R\$ 89,81
OBRA 27	364,54	3,5	41	R\$ 115.423,30	R\$ 2.815,20	R\$ 32.978,09	R\$ 90,47
OBRA 28	257,69	3	21,1	R\$ 65.210,75	R\$ 3.084,29	R\$ 21.736,92	R\$ 84,35

FONTE: AUTOR (2018)

Uma vez calculados os custos reais da M.O. deve-se atentar a uma condição importante para o cálculo dos custos da M.O., dentre os profissionais considerados na Tabela

4, não estão sendo contabilizados os profissionais responsáveis pela protensão, visto que essa M.O. é especializada e não é fixa na obra. Assim, esse serviço é quase sempre executado por empresas especializadas.

Para calcular o acréscimo que a M.O. responsável pela protensão adiciona a M.O. total foi feito o cálculo, por m², utilizando os valores de custos dispostos nas tabelas Seinfra, conforme apresentado no item 3.1.5.1.3.

Tabela 6 – Cálculo do custo total da M.O., incluindo a M.O. relativa a protensão

OBRA	TIPO DE SISTEMA ESTRUTURAL	CUSTO MO (R\$/m²)	M.O. PROTENSÃO	M.O. TOTAL
OBRA 1	LAJE MACIÇA LISA	R\$ 35,97	R\$ 12,60	R\$ 48,57
OBRA 2	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 59,05	R\$ 2,79	R\$ 61,84
OBRA 3	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 65,40	R\$ -	R\$ 65,40
OBRA 4	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 54,65	R\$ 2,92	R\$ 57,57
OBRA 5	LAJE MACIÇA LISA	R\$ 40,54	R\$ 11,56	R\$ 52,10
OBRA 6	LAJE MACIÇA LISA	R\$ 40,65	R\$ 11,56	R\$ 52,21
OBRA 7	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 53,70	R\$ 10,40	R\$ 64,10
OBRA 8	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 56,97	R\$ 10,40	R\$ 67,37
OBRA 9	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 72,77	R\$ -	R\$ 72,77
OBRA 10	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 60,68	R\$ 7,19	R\$ 67,87
OBRA 11	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 60,02	R\$ -	R\$ 60,02
OBRA 12	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 65,37	R\$ 16,24	R\$ 81,61

OBRA	TIPO DE SISTEMA ESTRUTURAL	CUSTO MO (R\$/m²)	M.O. PROTENSÃO	M.O. TOTAL
OBRA 13	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 87,74	R\$ -	R\$ 87,74
OBRA 14	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 55,32	R\$ 5,40	R\$ 60,72
OBRA 15	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 85,97	R\$ 3,24	R\$ 89,21
OBRA 16	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 71,16	R\$ -	R\$ 71,16
OBRA 17	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 73,10	R\$ 10,97	R\$ 84,07
OBRA 18	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 64,53	R\$ 5,40	R\$ 69,93
OBRA 19	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 83,99	R\$ 4,02	R\$ 88,02
OBRA 20	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 75,83	R\$ 5,91	R\$ 81,74
OBRA 21	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 72,81	R\$ -	R\$ 72,81
OBRA 22	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 76,75	R\$ 2,32	R\$ 79,07
OBRA 23	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 82,82	R\$ 5,00	R\$ 87,82
OBRA 24	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 48,76	R\$ 2,47	R\$ 51,23
OBRA 25	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 67,42	R\$ 6,52	R\$ 73,94
OBRA 26	CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	R\$ 89,81	R\$ 8,24	R\$ 98,05
OBRA 27	CONVENCIONAL DE LAJE MACIÇA	R\$ 90,47	R\$ -	R\$ 90,47
OBRA 28	LAJE LISA NERVURADA	R\$ 84,35	R\$ 9,21	R\$ 93,57

FORTE: AUTOR (2018)

Assim, calculados os custos com a M.O. e seus encargos, foi feito o cálculo do custo dos insumos com base nos índices apresentados anteriormente. Os custos por índice foram somados aos custos com M.O. e encargos para o cálculo do custo total, por m², de cada um dos pavimentos analisados.

Tabela 7 – Composição total dos custos, por m²

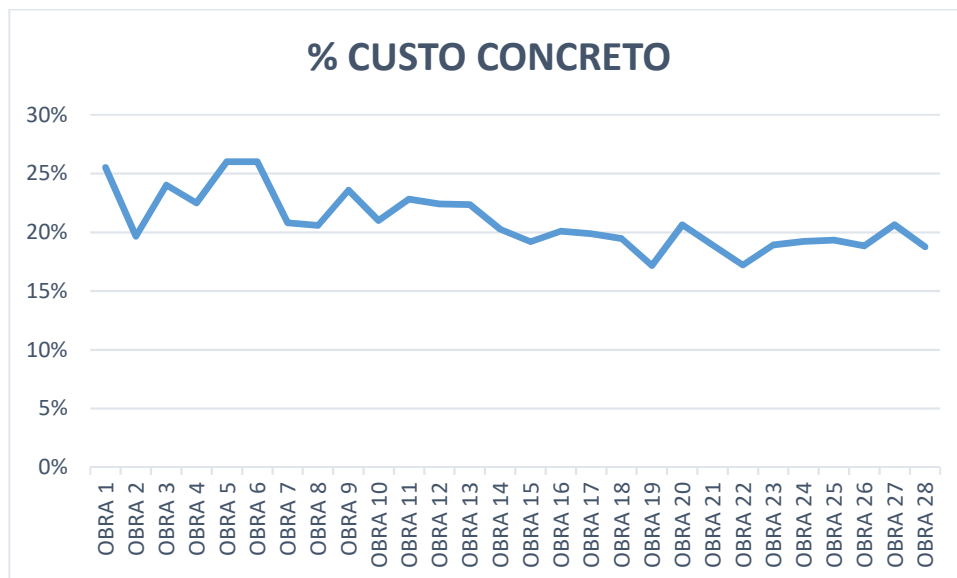
OBRA	CONCRETO (R\$/m²)	AÇO (R\$/m²)	PROTENSAO (R\$/m²)	M.O. TOTAL	FORMAS SEM LAJE (R\$/m²)	FORMAS LAJE (R\$/m²)	FORMAS TOTAL (R\$/m²)	TOTAL (R\$/m²)
OBRA 1	R\$ 70,33	R\$ 69,79	R\$ 34,65	R\$ 48,57	R\$ 41,77	R\$ 10,46	R\$ 52,23	R\$275,57
OBRA 2	R\$ 56,48	R\$ 81,30	R\$ 7,66	R\$ 61,84	R\$ 66,05	R\$ 14,11	R\$ 80,16	R\$287,44
OBRA 3	R\$ 72,80	R\$ 87,45	R\$ -	R\$ 65,40	R\$ 64,49	R\$ 12,82	R\$ 77,31	R\$302,96
OBRA 4	R\$ 68,44	R\$ 94,64	R\$ 8,04	R\$ 57,57	R\$ 62,89	R\$ 12,61	R\$ 75,50	R\$304,20
OBRA 5	R\$ 79,67	R\$ 78,26	R\$ 31,78	R\$ 52,10	R\$ 54,44	R\$ 9,97	R\$ 64,40	R\$306,21
OBRA 6	R\$ 79,67	R\$ 78,26	R\$ 31,78	R\$ 52,21	R\$ 54,44	R\$ 9,97	R\$ 64,40	R\$306,33
OBRA 7	R\$ 64,24	R\$ 80,49	R\$ 28,59	R\$ 64,10	R\$ 56,05	R\$ 15,35	R\$ 71,40	R\$308,82
OBRA 8	R\$ 64,12	R\$ 81,35	R\$ 28,59	R\$ 67,37	R\$ 55,95	R\$ 14,11	R\$ 70,06	R\$311,49
OBRA 9	R\$ 75,15	R\$ 94,26	R\$ -	R\$ 72,77	R\$ 65,25	R\$ 11,28	R\$ 76,53	R\$318,71
OBRA 10	R\$ 71,97	R\$ 85,94	R\$ 19,77	R\$ 67,87	R\$ 84,05	R\$ 13,32	R\$ 97,38	R\$342,92
OBRA 11	R\$ 78,59	R\$ 117,47	R\$ -	R\$ 60,02	R\$ 73,85	R\$ 14,41	R\$ 88,26	R\$344,35
OBRA 12	R\$ 77,99	R\$ 66,43	R\$ 44,65	R\$ 81,61	R\$ 64,13	R\$ 13,37	R\$ 77,50	R\$348,19
OBRA 13	R\$ 78,41	R\$ 110,15	R\$ -	R\$ 87,74	R\$ 62,08	R\$ 12,19	R\$ 74,27	R\$350,57
OBRA 14	R\$ 71,78	R\$ 105,86	R\$ 14,84	R\$ 60,72	R\$ 89,65	R\$ 11,23	R\$100,88	R\$354,08

OBRA	CONCRETO (R\$/m ²)	AÇO (R\$/m ²)	PROTENSÃO (R\$/m ²)	M.O. TOTAL	FORMAS SEM LAJE (R\$/m ²)	FORMAS LAJE (R\$/m ²)	FORMAS TOTAL (R\$/m ²)	TOTAL (R\$/m ²)
OBRA 15	R\$ 68,07	R\$ 95,50	R\$ 8,92	R\$ 89,21	R\$ 81,72	R\$ 11,04	R\$ 92,77	R\$354,46
OBRA 16	R\$ 72,60	R\$ 114,24	R\$ -	R\$ 71,16	R\$ 82,34	R\$ 20,68	R\$103,02	R\$361,02
OBRA 17	R\$ 72,04	R\$ 80,97	R\$ 30,16	R\$ 84,07	R\$ 86,96	R\$ 8,26	R\$ 95,22	R\$362,46
OBRA 18	R\$ 70,97	R\$ 105,86	R\$ 14,84	R\$ 69,93	R\$ 89,65	R\$ 13,10	R\$102,75	R\$364,34
OBRA 19	R\$ 65,76	R\$ 110,88	R\$ 11,06	R\$ 88,02	R\$ 96,04	R\$ 11,37	R\$107,41	R\$383,13
OBRA 20	R\$ 79,62	R\$ 101,51	R\$ 16,25	R\$ 81,74	R\$ 96,08	R\$ 10,41	R\$106,49	R\$385,61
OBRA 21	R\$ 73,28	R\$ 121,82	R\$ -	R\$ 72,81	R\$ 94,99	R\$ 24,20	R\$119,19	R\$387,09
OBRA 22	R\$ 67,11	R\$ 131,24	R\$ 6,38	R\$ 79,07	R\$ 75,65	R\$ 30,25	R\$105,90	R\$389,69
OBRA 23	R\$ 73,50	R\$ 104,64	R\$ 13,76	R\$ 87,82	R\$ 98,80	R\$ 10,04	R\$108,84	R\$388,57
OBRA 24	R\$ 77,67	R\$ 156,26	R\$ 6,80	R\$ 51,23	R\$ 99,72	R\$ 12,10	R\$111,82	R\$403,79
OBRA 25	R\$ 78,95	R\$ 113,70	R\$ 17,93	R\$ 73,94	R\$ 108,64	R\$ 14,90	R\$123,54	R\$408,05
OBRA 26	R\$ 77,39	R\$ 128,50	R\$ 22,66	R\$ 98,05	R\$ 69,69	R\$ 14,60	R\$ 84,29	R\$410,89
OBRA 27	R\$ 85,37	R\$ 125,61	R\$ -	R\$ 90,47	R\$ 101,82	R\$ 10,58	R\$112,40	R\$413,85
OBRA 28	R\$ 82,25	R\$ 124,52	R\$ 25,33	R\$ 93,57	R\$ 98,54	R\$ 14,11	R\$112,66	R\$438,33

FONTE: AUTOR (2018)

Além dos custos totais, podemos identificar, dentro dessa amostra de 28 obras, qual a dispersão dos custos de cada um dos principais itens da composição de preços. As figuras a seguir representam essa dispersão para os itens concreto, armaduras, M.O. e fôrmas, respectivamente.

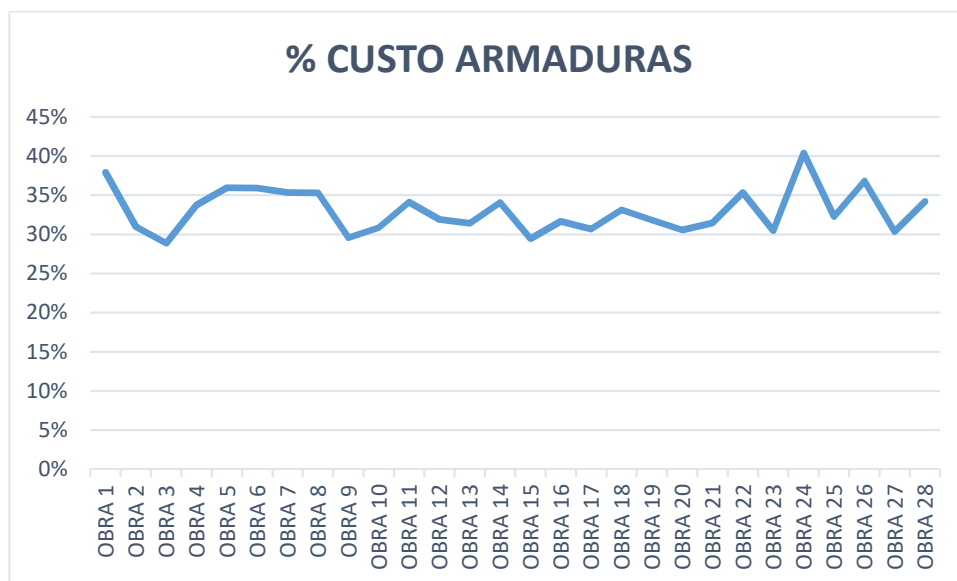
Figura 16 - Variação do percentual de custo do item concreto dentro do custo total do pavimento



FONTE: AUTOR (2018)

Percebe-se que o item concreto apresenta uma pequena amplitude dentro do universo de obras analisado, variando apenas 2% para mais e 4% para menos com relação a média de 21%.

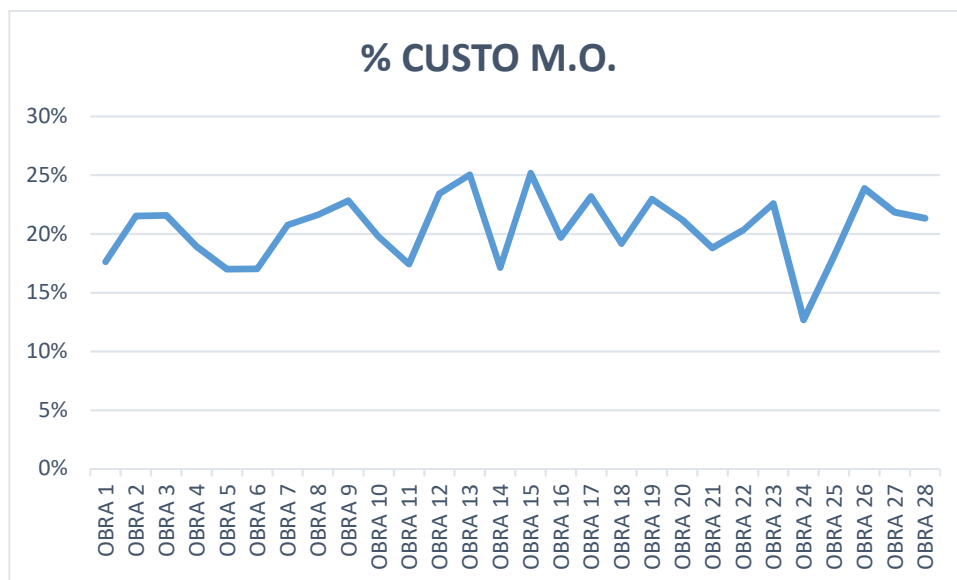
Figura 17 - Variação do percentual de custo do item armaduras dentro do custo total do pavimento



FONTE: AUTOR (2018)

O item armaduras apresenta uma variação um pouco maior que o item concreto, chegando a divergir até 7% com relação ao valor médio de 33%.

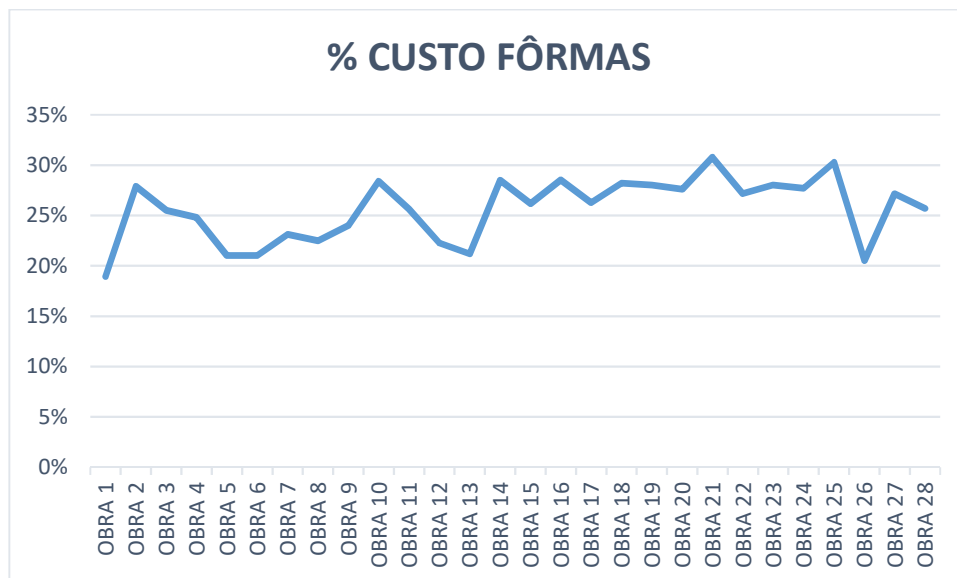
Figura 18 - Variação do percentual de custo do item Mão de Obra dentro do custo total do pavimento



FONTE: AUTOR (2018)

Mesmo sendo um item com média inferior aos outros 3, a M.O. foi o item que apresentou, junto com o item fôrmas, a maior variação entre o máximo e o mínimo chegando a 12%. No caso da M.O. o valor máximo encontrado (25%) é quase o dobro do valor mínimo (13%). A média ficou em 20%.

Figura 19 - Variação do percentual de custo do item fôrmas dentro do custo total do pavimento



FONTE: AUTOR (2018)

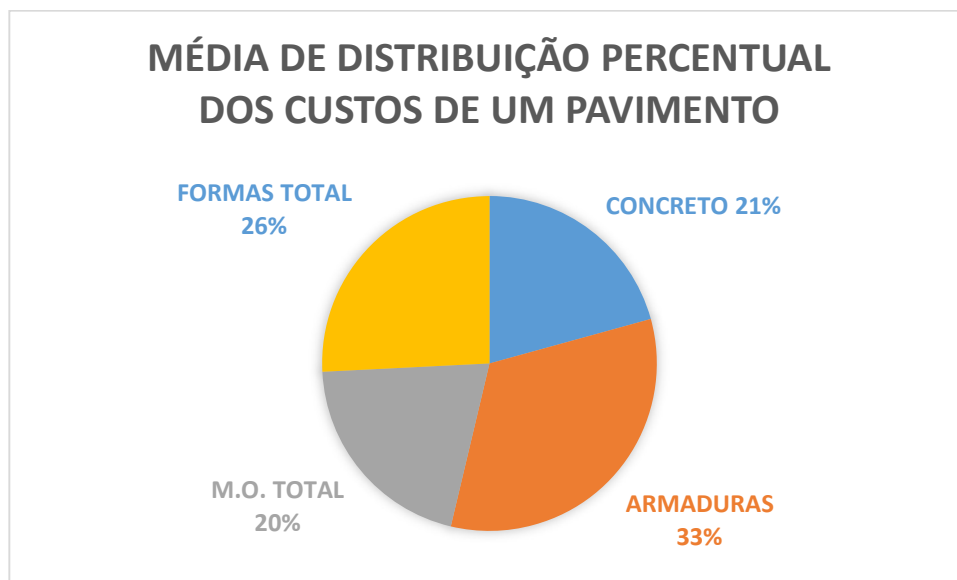
Conforme citado no parágrafo anterior, o item fôrmas apresentou acentuada diferença entre os menores e maiores percentuais, tais resultados eram esperados, tanto pelas particularidades de cada obra quanto pela própria elevada variância apresentada no item 2.2.1 Sistema de fôrmas.

O menor percentual foi 19% enquanto o maior ficou em 31%, definindo uma média de 26% para o conjunto total da amostra.

Na

Figura 20 temos um resumo dos percentuais de cada um dos principais itens.

Figura 20 - Média de distribuição percentual dos custos de um pavimento



FONTE: AUTOR (2018)

Além dos resultados apresentados acima, podemos segmentar o conjunto das 28 obras por tipo de sistema estrutural, no caso deste estudo, deve-se ficar atento que a quantidade de obras para cada sistema não é equivalente, devendo não ser considerada como referência absoluta para comparações entre os mesmos.

Tabela 8 – Distribuição dos custos, por sistema estrutural

TIPO DE SISTEMA	QTD DE OBRAS	CONCRETO (R\$/m ²)	ARMADURAS (R\$/m ²)	M.O. TOTAL (R\$/m ²)	FORMAS TOTAL (R\$/m ²)	TOTAL (R\$/m ²)
1 CONVENCIONAL DE LAJE MACIÇA	1	R\$ 82,25	R\$149,86	R\$ 90,47	R\$112,66	R\$438,33
2 CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	9	R\$ 75,42	R\$119,85	R\$ 75,28	R\$ 95,16	R\$364,08
3 LAJE LISA NERVURADA	15	R\$ 68,17	R\$108,69	R\$ 74,00	R\$ 87,96	R\$334,66
4 LAJE MACIÇA LISA	3	R\$ 66,79	R\$102,70	R\$ 50,96	R\$ 71,99	R\$300,86

FONTE: AUTOR (2018)

Assim, com a amostra apresentada anteriormente, podemos perceber uma superioridade das estruturas lisas, sobretudo no item fôrmas. Deve-se ressaltar que não só este, mas como qualquer estudo que trate de comparativos financeiros, deve ser analisado com muita

cautela, visto que este tipo de comparativo pode sofrer significativas alterações caso um, ou mais itens, sofram ajustes de custo.

Considerando as influências de cada um dos principais itens (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) , vemos que a M.O. não apresenta grande variação do seu percentual com relação ao valor total do metro quadrado, ficando a M.O., em todos os casos, bem próxima ao valor médio de 20% apresentado anteriormente (

Figura 20).

Tabela 9 – Distribuição percentual dos custos, por sistema estrutural

TIPO DE SISTEMA	QTD DE OBRAS	% CUSTO CONCRETO	% CUSTO ARMADURAS	% CUSTO M.O.	% CUSTO FÔRMAS
1 CONVENCIONAL DE LAJE MACIÇA	1	19%	34%	21%	26%
2 CONVENCIONAL DE LAJE NERVURADA	9	21%	33%	20%	26%
3 LAJE LISA NERVURADA	15	19%	30%	19%	24%
4 LAJE MACIÇA LISA	3	22%	34%	20%	24%

FONTE: AUTOR (2018)

Uma vez aferidos os custos e os percentuais de cada um dos principais componentes na execução de uma estrutura de concreto, vamos avaliar qual a diferença entre os custos estimados para a M.O. (via tabelas de composições da seinfra) para os valores efetivamente gastos calculados na Tabela 6.

4.2 Comparativo entre o custo da Mão de Obra estimado (via Seinfra) e o custo real

Como na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** já haviam sido apresentados todos os quantitativos relativos a concreto, armaduras e fôrmas. Para a estimativa mão de obra basta utilizar os custos de M.O. calculados nas Quadro 1, Quadro 2, Quadro 3, Quadro 4 e Quadro 5. Assim, os custos de M.O. estimados estão apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 – Custo da M.O. por m², comparativo entre o valor previsto e o custo real

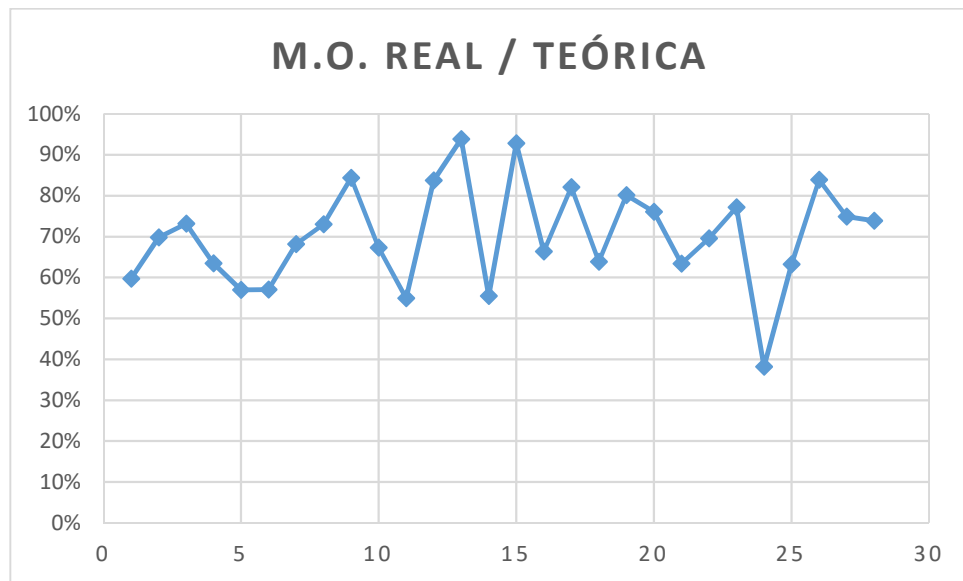
OBRA	CUSTOS POR M ² DE PROJEÇÃO (M.O. TÉORICA COM ENCARGOS)							
	CUSTOS POR UNIDADE (COM ENCARGOS)							
	R\$ -	R\$ 2,28	R\$ 3,96	R\$ 30,46				
CONCRETO	ARMADURA PASSIVA	ARMADURA ATIVA	FÔRMA	M. O. TOTAL TEÓRICA	M.O. REAL	M.O. REAL / TEÓRICA		
OBRA 1	R\$ -	R\$ 30,31	R\$ 12,60	R\$ 38,46	R\$ 81,37	R\$ 48,57	60%	
OBRA 2	R\$ -	R\$ 35,31	R\$ 2,79	R\$ 50,52	R\$ 88,61	R\$ 61,84	70%	
OBRA 3	R\$ -	R\$ 37,98	R\$ -	R\$ 51,35	R\$ 89,32	R\$ 65,40	73%	
OBRA 4	R\$ -	R\$ 41,10	R\$ 2,92	R\$ 46,67	R\$ 90,70	R\$ 57,57	63%	
OBRA 5	R\$ -	R\$ 33,99	R\$ 11,56	R\$ 45,92	R\$ 91,46	R\$ 52,10	57%	
OBRA 6	R\$ -	R\$ 33,99	R\$ 11,56	R\$ 45,92	R\$ 91,46	R\$ 52,21	57%	
OBRA 7	R\$ -	R\$ 34,96	R\$ 10,40	R\$ 48,69	R\$ 94,04	R\$ 64,10	68%	
OBRA 8	R\$ -	R\$ 35,33	R\$ 10,40	R\$ 46,52	R\$ 92,24	R\$ 67,37	73%	
OBRA 9	R\$ -	R\$ 40,94	R\$ -	R\$ 45,31	R\$ 86,25	R\$ 72,77	84%	
OBRA 10	R\$ -	R\$ 37,32	R\$ 7,19	R\$ 56,28	R\$ 100,79	R\$ 67,87	67%	
OBRA 11	R\$ -	R\$ 51,02	R\$ -	R\$ 58,27	R\$ 109,29	R\$ 60,02	55%	
OBRA 12	R\$ -	R\$ 28,85	R\$ 16,24	R\$ 52,32	R\$ 97,41	R\$ 81,61	84%	
OBRA 13	R\$ -	R\$ 47,84	R\$ -	R\$ 45,62	R\$ 93,46	R\$ 87,74	94%	
OBRA 14	R\$ -	R\$ 45,97	R\$ 5,40	R\$ 58,11	R\$ 109,48	R\$ 60,72	55%	
OBRA 15	R\$ -	R\$ 41,47	R\$ 3,24	R\$ 51,42	R\$ 96,14	R\$ 89,21	93%	

OBRA	CUSTOS POR M ² DE PROJEÇÃO (M.O. TEÓRICA COM ENCARGOS)							
	CUSTOS POR UNIDADE (COM ENCARGOS)							
	R\$ -	R\$ 2,28	R\$ 3,96	R\$ 30,46				
	CONCRETO	ARMADURA PASSIVA	ARMADURA ATIVA	FÔRMA	M. O. TOTAL TEÓRICA	M.O. REAL	M.O. REAL / TEÓRICA	
OBRA 16	R\$ -	R\$ 49,61	R\$ -	R\$ 57,59	R\$ 107,20	R\$ 71,16	66%	
OBRA 17	R\$ -	R\$ 35,16	R\$ 10,97	R\$ 56,30	R\$ 102,43	R\$ 84,07	82%	
OBRA 18	R\$ -	R\$ 45,97	R\$ 5,40	R\$ 58,11	R\$ 109,48	R\$ 69,93	64%	
OBRA 19	R\$ -	R\$ 48,15	R\$ 4,02	R\$ 57,65	R\$ 109,83	R\$ 88,02	80%	
OBRA 20	R\$ -	R\$ 44,08	R\$ 5,91	R\$ 57,39	R\$ 107,39	R\$ 81,74	76%	
OBRA 21	R\$ -	R\$ 52,90	R\$ -	R\$ 61,97	R\$ 114,88	R\$ 72,81	63%	
OBRA 22	R\$ -	R\$ 56,99	R\$ 2,32	R\$ 54,32	R\$ 113,63	R\$ 79,07	70%	
OBRA 23	R\$ -	R\$ 45,45	R\$ 5,00	R\$ 63,37	R\$ 113,82	R\$ 87,82	77%	
OBRA 24	R\$ -	R\$ 67,86	R\$ 2,47	R\$ 63,85	R\$ 134,18	R\$ 51,23	38%	
OBRA 25	R\$ -	R\$ 49,38	R\$ 6,52	R\$ 61,02	R\$ 116,92	R\$ 73,94	63%	
OBRA 26	R\$ -	R\$ 55,80	R\$ 8,24	R\$ 52,80	R\$ 116,84	R\$ 98,05	84%	
OBRA 27	R\$ -	R\$ 54,55	R\$ -	R\$ 66,18	R\$ 120,73	R\$ 90,47	75%	
OBRA 28	R\$ -	R\$ 54,08	R\$ 9,21	R\$ 63,38	R\$ 126,67	R\$ 93,57	74%	

FONTE: AUTOR (2018)

O resultado, graficamente, é resumido na Figura 21.

Figura 21 – Variação percentual entre M.O. real e prevista via Seinfra



FONTE: AUTOR (2018)

Assim, o que observamos é acentuada discrepância entre os valores previstos e os valores efetivamente gastos, neste trabalho não será feita uma investigação sobre os fatores que causaram tal afastamento entre o previsto e o praticado, entretanto, a realização de tal investigação fica como sugestão, já que, na totalidade da amostra o resultado real foi inferior ao previsto.

Naturalmente podem ser levantadas algumas hipóteses, tais como:

- a) A terceirização criou uma especialização das empresas de estrutura, melhorando a eficiência e reduzindo os custos;
- b) A aquisição de material de modo a aumentar a produtividade das equipes (uso de tela soldada, por exemplo);
- c) Possível desatualização das tabelas que podem acabar por majorar o custo previsto.

Assim, as motivações para tal resultado podem ser uma, ou mais, das apresentadas acima e sugere que uma pesquisa focada neste ponto seja realizada no futuro.

4.3 Análise da variação do custo da M.O.

Uma vez calculada a relevância do item M.O. dentro da composição de custos das estruturas de concreto, a segunda parte desse trabalho focou-se apenas no item M.O. em detrimento dos demais custos.

Com esse foco mais limitado foi possível trabalhar com uma base de dados superior, podendo analisar fatores que não seriam possíveis apenas com as 10 obras da primeira parte desse estudo.

Nessa segunda parte, foram considerados os custos com M.O. em 103 pavimentos tipos de 103 obras distintas. Assim como na etapa anterior, também foi adotada a mesma padronização de salários por função, inclusive com os mesmos valores adotados anteriormente, de modo a permitir a comparação com os 10 valores calculados na etapa anterior.

Para o cálculo do custo por metro quadrado foi utilizado novamente a Equação 1, porém, com uma padronização que não existia anteriormente. Foram considerados que a quantidade de dias trabalhados por mês como sendo 21 dias, para todas as obras.

Tal lista de obras foi ordenada com relação aos custos da M.O. de forma crescente. Foram utilizados também escalas de cores tanto no custo quanto nos demais índices. A lista com todas as obras se encontra na figura abaixo.

Tabela 11 - Lista dos 103 pavimentos, com custo da M.O por m², Área, ciclo da laje e número de funcionários envolvidos

Obra	Custo (R\$/m ²)	Área (m ²)	Dias	Funcionários
OBRA 1	26,62	675,84	7	18
OBRA 2	28,99	965	14	13
OBRA 3	29,77	518	6	18
OBRA 4	33,63	710,22	5	32
OBRA 5	34,81	670	5	32
OBRA 6	34,91	915,15	7	31
OBRA 7	35,38	615,75	7	22
OBRA 8	35,97	663,89	7	24
OBRA 9	36,28	949,65	8	32
OBRA 10	36,71	355,31	5	16
OBRA 11	36,96	1056,45	5	55
OBRA 12	38,15	364,54	5	18
OBRA 13	41,95	961,31	5	54
OBRA 14	42,47	844,58	10	22
OBRA 15	43,24	408,31	4	30
OBRA 16	44,36	461,22	7	20

Obra	Custo (R\$/m²)	Área (m²)	Dias	Funcionários
OBRA 17	44,55	252,47	5	16
OBRA 18	44,85	387,74	7	18
OBRA 19	44,88	676,96	7	30
OBRA 20	45,36	815,15	9	33
OBRA 21	45,56	273,22	8	9
OBRA 22	45,76	585,75	8	22
OBRA 23	46,84	622,55	6	33
OBRA 24	47,11	694,38	10	21
OBRA 25	48,16	980,91	8	39
OBRA 26	48,84	669,54	7	32
OBRA 27	49,47	2747,83	19	49
OBRA 28	49,59	317,74	8	13
OBRA 29	50,03	575	10	19
OBRA 30	50,04	302,74	6	17
OBRA 31	50,10	252,47	7	12
OBRA 32	50,36	311,18	6	16
OBRA 33	51,95	455,67	7	24
OBRA 34	52,45	720,86	9	28
OBRA 35	52,89	262,45	7	13
OBRA 36	53,26	770	8	36
OBRA 37	54,12	645,53	7	32
OBRA 38	54,30	517,69	9	22
OBRA 39	54,55	265	8	12
OBRA 40	55,14	277,62	5	21
OBRA 41	55,64	726,86	7	41
OBRA 42	55,87	258,98	7	13
OBRA 43	56,39	391,38	6	26
OBRA 44	56,84	472,89	8	23
OBRA 45	57,28	272,41	6	18
OBRA 46	58,33	368,05	6	24
OBRA 47	59,53	427	5	34
OBRA 48	60,53	540	7	32
OBRA 49	60,61	558	7	33
OBRA 50	60,82	550	7	32
OBRA 51	60,88	403,02	6	28
OBRA 52	61,04	855,26	15	24
OBRA 53	61,08	359,18	7	21
OBRA 54	61,45	647,9	11	24
OBRA 55	61,70	360,58	7	23
OBRA 56	61,94	330,67	5	29
OBRA 57	62,30	1200	15	34
OBRA 58	62,52	235,87	5	18
OBRA 59	62,55	509,12	7	31
OBRA 60	63,01	375,01	7	23
OBRA 61	65,41	457,95	8	24
OBRA 62	65,51	277,06	7	17
OBRA 63	66,28	495,22	7	31

Obra	Custo (R\$/m²)	Área (m²)	Dias	Funcionários
OBRA 64	66,93	730,95	14	24
OBRA 65	67,42	297,65	10	14
OBRA 66	67,81	354,59	8	21
OBRA 67	67,98	552,22	8	33
OBRA 68	68,16	538,63	11	22
OBRA 69	68,19	300,49	7	20
OBRA 70	68,27	363	9	20
OBRA 71	68,97	533,49	7	35
OBRA 72	69,44	531,27	8	32
OBRA 73	69,93	340,87	7	22
OBRA 74	70,14	825	10	38
OBRA 75	70,21	524	15	14
OBRA 76	72,71	357,58	7	25
OBRA 77	74,73	493,99	6	43
OBRA 78	75,78	515	7	35
OBRA 79	76,38	476,3	10	23
OBRA 80	76,51	385,59	7	28
OBRA 81	77,43	671,63	7	54
OBRA 82	78,27	715	7	53
OBRA 83	79,08	288,24	7	21
OBRA 84	79,41	196,2	7	15
OBRA 85	79,45	792,17	12	34
OBRA 86	79,81	197,19	7	13
OBRA 87	80,13	355,07	7	27
OBRA 88	81,97	533,54	7	44
OBRA 89	83,90	583,74	8	44
OBRA 90	84,04	530,9	7	47
OBRA 91	84,28	358	15	13
OBRA 92	84,40	972	21	25
OBRA 93	86,22	361,2	9	22
OBRA 94	87,93	381,37	7	33
OBRA 95	90,83	393	7	35
OBRA 96	91,21	257,84	7	23
OBRA 97	91,25	520	7	47
OBRA 98	92,75	377,01	11	21
OBRA 99	95,13	330,52	18	10
OBRA 100	96,51	315	6	34
OBRA 101	99,25	455	20	14
OBRA 102	99,60	947,57	30	21
OBRA 103	105,03	294,61	9	24

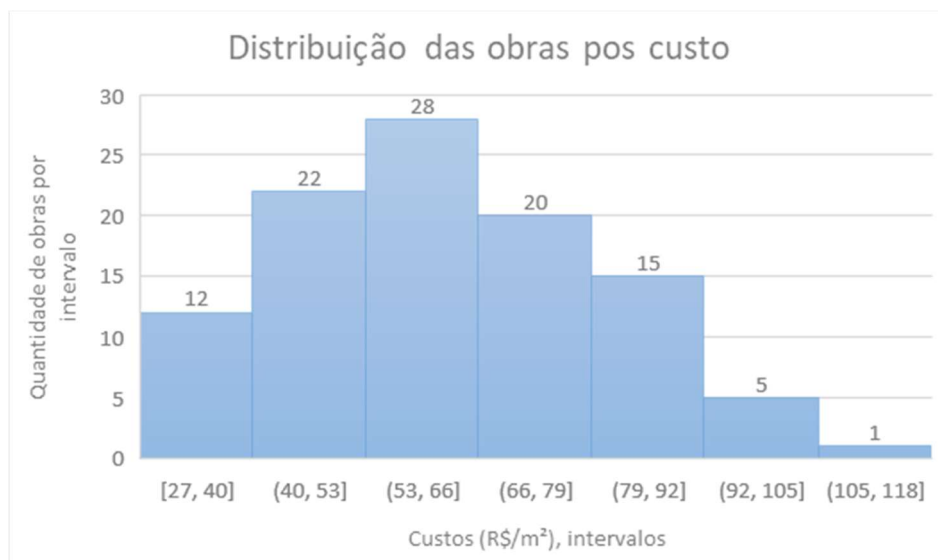
FONTE: AUTOR (2018)

Figura 22 - Relação entre custo por m² e posição no ranking



FONTE: AUTOR (2018)

Figura 23 - Distribuição das obras por custo por m²



FONTE: AUTOR (2018)

Pelas duas figuras acima vemos que não há forte tendência de estabilização no aumento do custo a medida que se avança no ranking. Tal fator também indica a necessidade contínua de atenção a este item, e que, caso seja negligenciado, tem uma possibilidade de custo muito acima do custo médio.

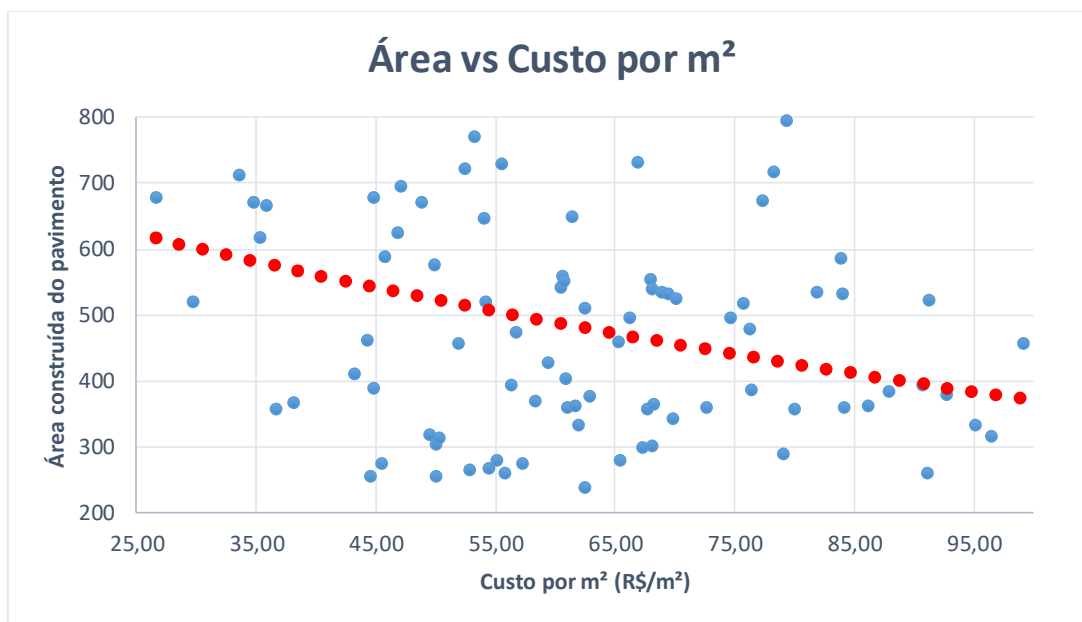
Mesmo entre os empreendimentos avaliados neste estudo, temos que a faixa mais comum de custos ficou entre 40 e 79 reais por m², representando quase 100% de variação, mesmo na faixa mais comum de valores.

Com os índices obtidos inicialmente foram calculados outros indicadores com a intenção de obter indícios de quais parâmetros podem influenciar e indicar o motivo de haverem diferenças tão grandes entre os custos entre as primeiras e as últimas obras da lista.

Nos tópicos a seguir serão apresentados a figuras com as relações entre os índices analisados. Em todos os casos que houverem linhas de tendência (pontilhados vermelhos nas figuras) essas foram geradas via excel de forma automática através da opção de exponencial.

4.3.1 *Relação entre área construída e custo por m²*

Figura 24 – Relação entre área construída e custo por m²



FONTE: AUTOR (2018)

Dentre a amostra analisada há uma tendência de indicar que quanto maior o pavimento menor o custo por metro quadrado.

Tal resultado pode ser justificado por fatores como relação entre área de escada e área construída, reduzindo, proporcionalmente, uma das etapas que demanda muito trabalho de carpinteiros e ferreiros.

4.3.2 Relação entre ciclo da laje e custo por m²

Figura 25 - Relação entre ciclo da laje e custo por m²



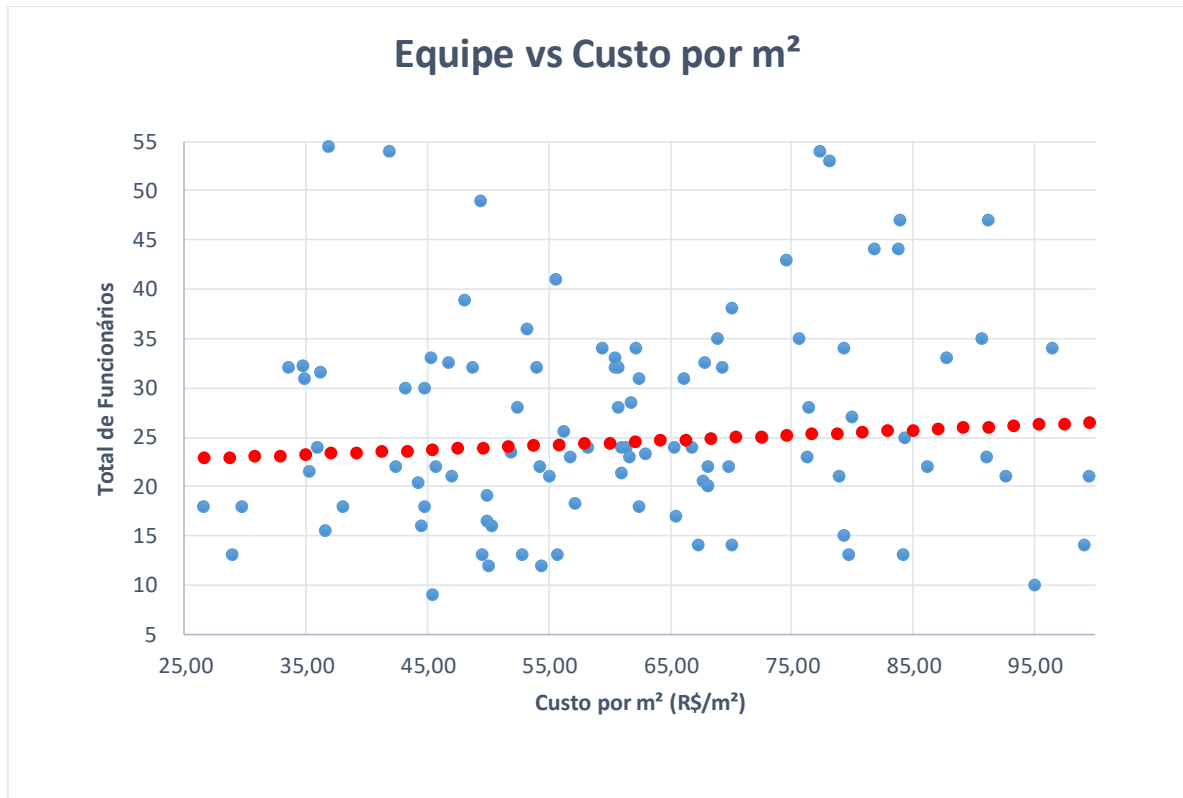
FONTE: AUTOR (2018)

Neste gráfico também é percebida uma clara tendência a indicar que obras com menor ciclo tendem a terem um menor custo por metro quadrado

Tal resultado, embora seja coerente não é óbvio, visto que o aumento do ciclo poderia causar uma redução da equipe de obra e com isso reduzir o custo. Embora algumas obras tenham consigo resultados deste tipo, o que se vê é que, a tendência, é que a redução do ciclo seja benéfica do ponto de vista financeiro.

4.3.3 Relação entre tamanho total da equipe e custo por m²

Figura 26 - Relação entre tamanho total da equipe e custo por m²

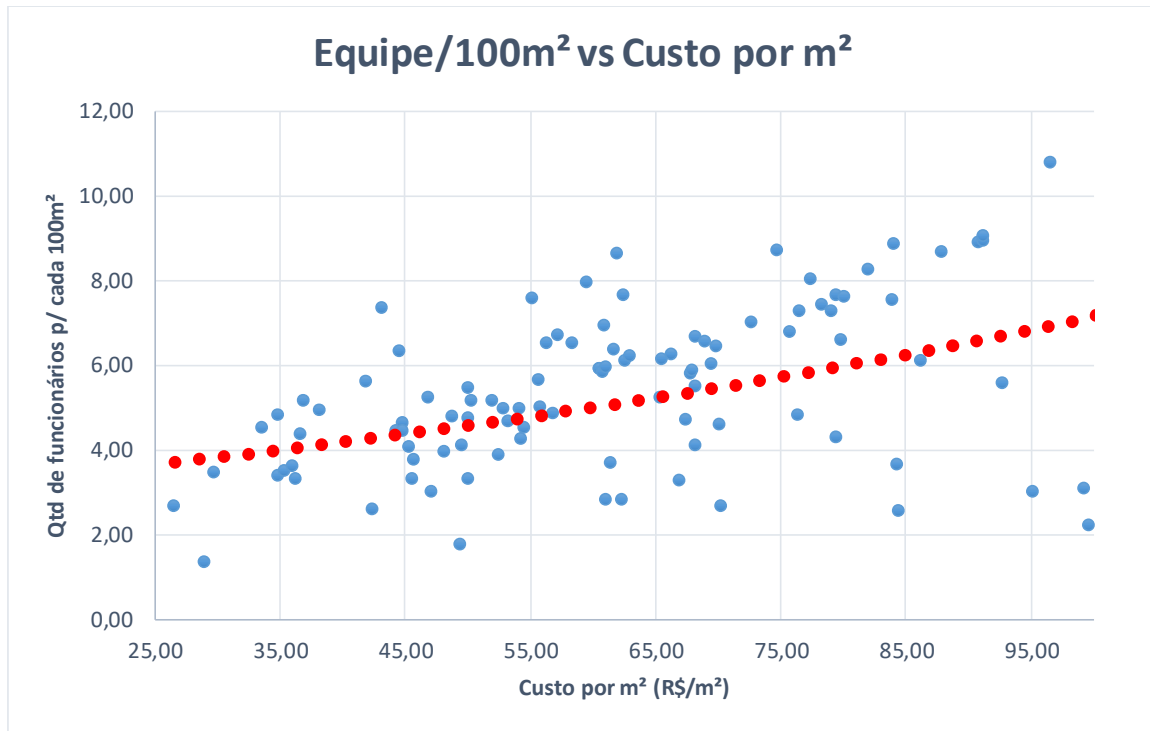


FONTE: AUTOR (2018)

Neste gráfico podemos observar que não há correlação entre tamanho da equipe e o custo por m². Tal resultado é coerente já que neste comparativo não é levado em conta o tamanho da laje para composição da equipe, assim, é justificável que não tendência alguma de redução do custo com a variação do tamanho da equipe.

4.3.4 Relação entre tamanho relativo da equipe e custo por m²

Figura 27 - Relação entre tamanho relativo da equipe e custo por m²



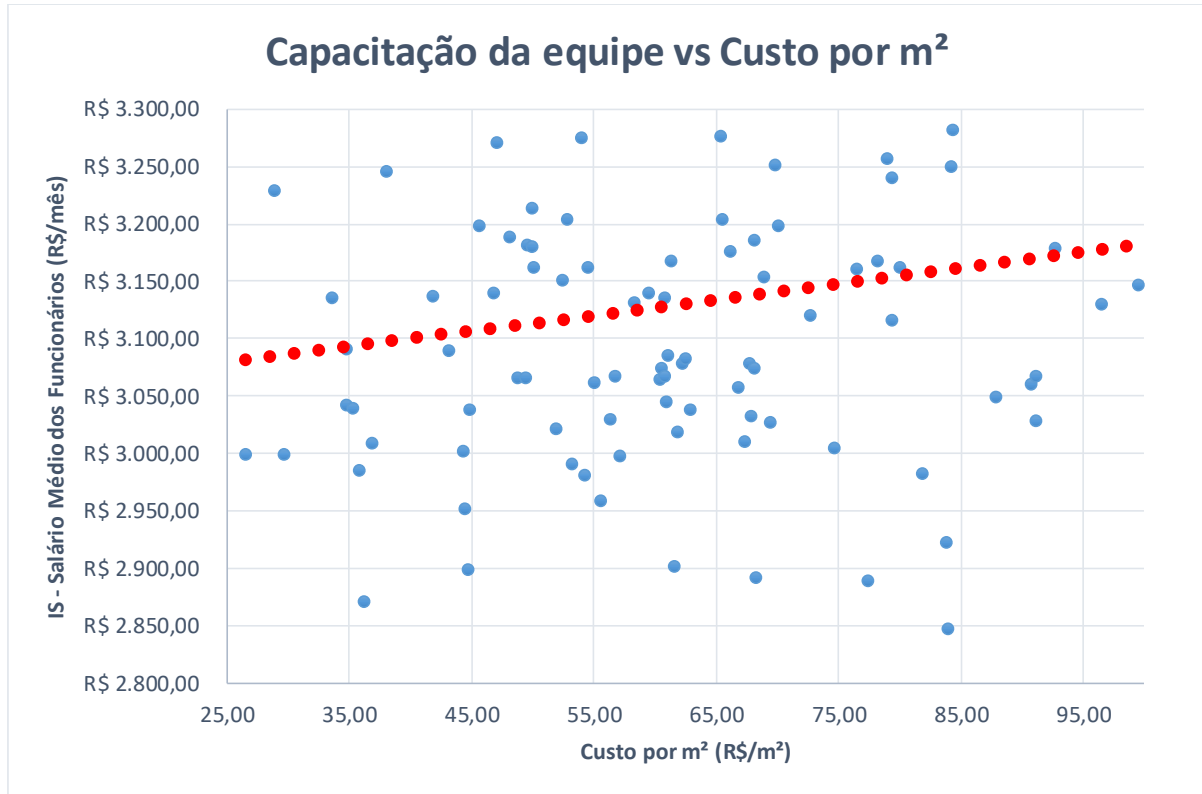
FONTE: AUTOR (2018)

Quando levado em consideração a relação tamanho da equipe (proporcional a laje) com o custo por m² observa-se uma clara tendência a indicar que equipes maiores (proporcionalmente) geram custos maiores.

Tal fator indica a necessidade de otimização dos processos e uso mais racional da mão de obra disponível, evitando ociosidades e retrabalhos.

4.3.5 Relação entre especialização da equipe e o custo por m²

Figura 28 - Relação entre especialização da equipe e o custo por m²



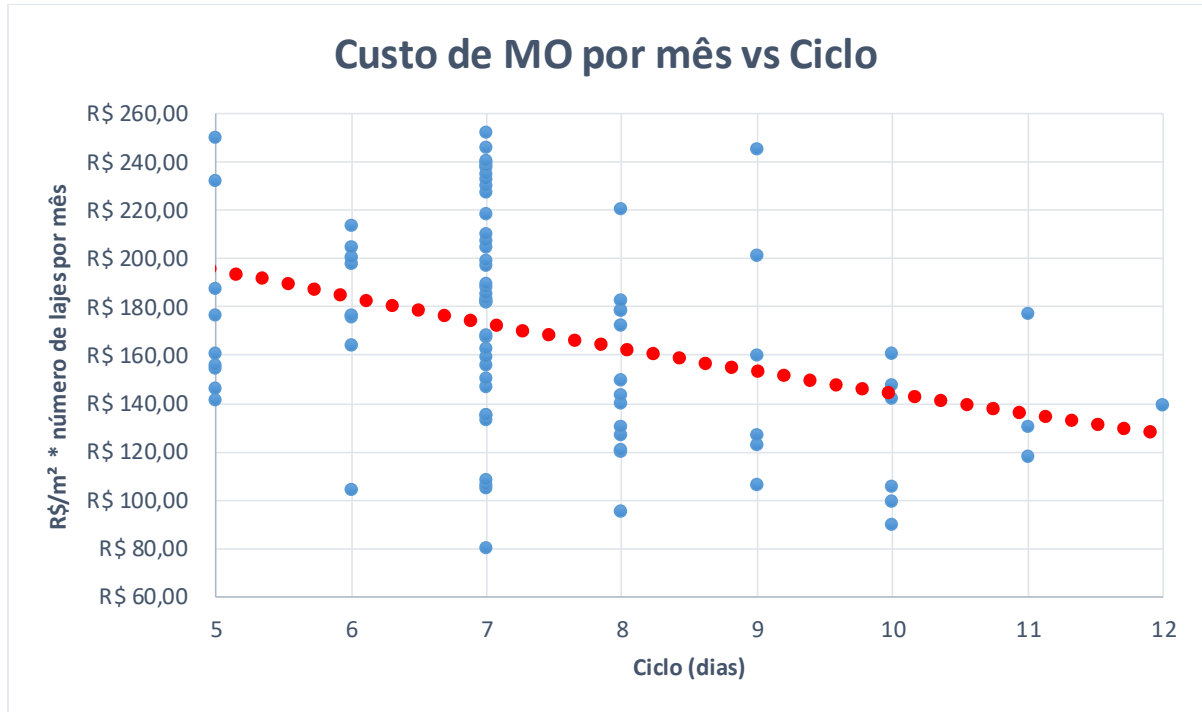
FONTE: AUTOR (2018)

Nesta figura podemos ver a relação entre o grau de qualificação dos colaboradores e o resultado no custo por m² da estrutura. O resultado apontado pela linha de tendência indica que, mesmo que um trabalhador mais qualificado possa ter uma produtividade superior a produtividade de um funcionário mais barato, esse ganho de produtividade não acompanha o custo superior desse funcionário.

Assim, a tendência aponta que o uso de equipes com mais serventes apresenta um custo inferior com relação as equipes com maior numero de profissionais.

4.3.6 Relação entre custo mensal com a M.O. por m² e o ciclo da laje

Figura 29 - Relação entre custo mensal com a M.O. por m² e o ciclo da laje



FONTE: AUTOR (2018)

Desta vez é analisado custo total mensal, a tendência indica que obra mais velozes necessitam de consideravelmente mais capital por mês para continuidade das obras. Tal fator explica o motivo de algumas construtoras, intencionalmente, realizarem obras de maneira mais lenta, visto que, empresas menos capitalizadas irão sofrer demasiadamente caso tenham ritmo muito acelerado e diferem um custo mensal maior, mesmo que o custo final seja inferior.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES FUTURAS

Findado este estudo podemos concluir que os objetivos estipulados inicialmente foram alcançados.

Para o conjunto estudado das 28 obras foi aferido que, em média, a mão de obra direta representa o valor médio de 20% do custo da estrutura (variando de 13% a 25% dentre as 28 obras analisadas). Em valores monetários a variação foi de R\$ 48,57 a R\$ 98,05 ficando o valor médio em R\$ 72,53.

Com relação aos valores previstos e os valores efetivamente gastos foi observado, para a amostra de estudo, uma variação sempre negativa com relação ao valor previsto. Das 28 obras analisadas, a obra que apresentou resultado mais próximo ao teórico teve desvio de 6% para menos, enquanto a obra com resultados mais discrepantes chegou a apresentar uma diferença de 62% com relação ao valor previsto. Para a amostra inteira a diferença média foi de 30%.

Tal resultado indica a importância, para as construtoras, de bases de dados próprias ou conjuntas, porém que consigam apresentar uma maior correlação com o tipo de estrutura utilizado nas edificações, melhorando não só a previsão de custos como o próprio estudo de viabilidade feito pré empreendimento, visando conseguir refinar a projeção de custos para valores o mais próximo possível da realidade.

Por fim, quando considerada somente a Mão de Obra, para as 103 obras, foram identificadas variações ainda maiores que as encontradas no conjunto inicial das primeiras 28 obras. Essa enorme variação indica que os custos não serão otimizados sozinhos, sendo necessários um forte e constante empenho no sentido identificação dos fatores que causam essa variação e definição de estratégias para mitigar essa variação de modo a pelo menos aumentar a precisão das previsões de despesas com esse importante item que é a estrutura.

Com relação aos sistemas estruturais foi identificado que, para o conjunto inicial das 28 obras, os sistemas de laje lisa se mostraram mais eficientes do ponto de vista econômico, sobretudo devido à redução de custos devido aos itens fôrmas e mão de obra.

Como sugestões para trabalhos futuros indica-se a expansão da base de dados, além da implementação de indicadores além dos que foram utilizados nesse momento.

Recomenda-se também a divisão dos empreendimentos em categorias, sobretudo com relação ao tipo de uso (residencial ou comercial) e ao tamanho das unidades, tão diferença se justifica devido ao diferente padrão arquitetônico utilizado em empreendimentos de maior

valor de mercado, nesse tipo de situação muitas vezes a preocupação com o valor de venda é maior do que a preocupação com o custo, sendo dessa forma, sacrificada a eficácia do projeto estrutural em favor de arquiteturas mais rentáveis comercialmente.

Por fim, reforça-se a sugestão de pesquisa afim de investigar os valores previstos inferiores aos necessários. Tal aferição pode, não só melhorar o planejamento e o orçamento, quanto acabar por apontar os fatores que fazem algumas das edificações serem substancialmente mais eficientes que as outras.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, AT de; PINHEIRO, Libânio Miranda. **Viabilidade econômica de alternativas estruturais de concreto armado para edifícios.** Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, n. 19, p. 1-19, 2002.

ANDRADE, Fábila Kamilly Gomes de; PINHO, Suenne Andressa Correia; CASADO, Alberto. **Perdas e produtividade da mão-de-obra na concretagem de edifícios.** 2012. 5 f. Artigo. XIV ENTAC. Juiz de Fora. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: **Execução de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto — Procedimento.** Rio de Janeiro, 2014.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Encargos previdenciários e trabalhistas no setor da construção civil: análise nacional.** Brasília: CBIC, 2009.

CARDOSO, Ferreira. **Logística na construção de edifícios estudo de caso em grande construtora.** 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Estrutura de concreto - tipologias.** Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/3/tipologias/viabilidade/38/tipologias.html>>. Acesso em: 27 maio 2018.

CONVENÇÃO COLETIVA DE TRABALHO 2017/2018. Fortaleza, 2017. Disponível em:<http://www.sindusconce.com.br/arquivos/CONVENCAO_COLETIVA_DE_TRABALHO_2017-2018.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2018.

DUARTE JUNIOR, Ossimar Fernandes. **Laje Bubbledeck - Características gerais e viabilidade executiva.** Revista ESPECIALIZE. 2014

GONÇALVES, D. T. R., **Planejamento da Execução de Estruturas em Concreto Armado para Edifícios: Estudo de caso em obra com restrições e limitações operacionais.** Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

LIMA, João Carlos Medeiros; VIEIRA, Ramon Yogo Marinho; DE OLIVEIRA, Maria Rôselângela. **Estudo da viabilidade do uso do sistema de fôrmas deslizantes em comparação com o sistema fôrmas convencionais.** VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias, v. 25, n. 1, p. 95-110, 2016.

MOREIRA, Alessandra Costa Lima. **Manual do Concreto Protendido.** Fortaleza, 2017. Disponível em: < <http://impactoprotensao.com.br/wp-content/uploads/2018/02/Manual-Protens%C3%A3o-Impacto-compressed.pdf> >. Acesso em: 25 nov. 2018.

PERES, Pedro de Oliveira. **Um estudo comparativo sobre os sistemas de fôrmas: mesa voadora x convencional.** 2013. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SALVADOR, Paulo Fernando. **Investigação teórica e experimental da transferência de cargas entre pavimentos de concreto escorados.** 2013. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANCHES, Felipe Gustavo. **Avaliação dos parâmetros do processo de revestimento de painéis compensados com filme fenólico para uso como fôrmas de concreto.** 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SANTOS, Karine Alves dos. **Proposta de critérios para escolha de sistemas estruturais através de uma análise de custo.** Universidade Federal do Ceará. Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil. 2011

SANTOS, Marcelo Wiggers Azeredo dos. **Obtenção de uma curva padrão de agregação de recursos em edifícios da grande Florianópolis.** 2016. 81 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – Ufsc, Florianópolis, 2016.

SEINFRA. **Tabela de custos.** Fortaleza, 2018. Disponível em: <www.seinfra.ce.gov.br/tabela-de-custos/>. Acesso em: 25 nov. 2018.

SILVA, A. R. **Análise comparativa de custos de sistemas estruturais para pavimentos de concreto armado.** Dissertação de mestrado em Engenharia de Estruturas. Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte, 2002

VARGAS, Carlos Luciano Sant'anna. **Custos médios dos serviços em edificações baseados em série histórica de orçamentos reais.** 5º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. 2010