

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE PAREDE DE CONCRETO, ESTRUTURA CONVENCIONAL E ALVENARIA ESTRUTURAL¹

Gustavo Manuel Beraldo Esteves Alves – gustavo.b.alves@outlook.com

Lucas Godtsfriedt Ribeiro – lucasgodts.ribeiro@gmail.com

Luiz Fernando Nassar Pereira de Almeida – almeida.lufe29@gmail.com

Marcus Vinicius Fatala Pereira do Carmo – mvfpcarmo@hotmail.com

Rafael Bernardinelli – rafael.bernardinelli@hotmail.com

Alfonso Pappalardo Junior (Orientador) – alfonso.pappalardo@mackenzie.br

RESUMO

O presente trabalho aborda e relaciona os sistemas de alvenaria estrutural e alvenaria convencional, ambos utilizados em grande escala atualmente, com um terceiro sistema composto de paredes de concreto armado moldadas *in loco*, definindo-os, apresentando suas características construtivas e comparando analiticamente os seus respectivos custos e produtividade, através de três empreendimentos, um para cada sistema. A metodologia utilizada na revisão da literatura e no estudo de caso baseou-se em informações de artigos, trabalhos e livros desta área do conhecimento, além da coleta de informações sobre composição orçamentária e produtividade para a execução das construções, por meio de orçamentos e cronogramas das obras. Para a produção das tabelas de quantitativos e preços das composições, utilizou-se a tabela SINAPI, permitindo a comparação de preços para a execução de um pavimento tipo intermediário e, posteriormente, o preço do metro quadrado para cada sistema construtivo. Entre os resultados encontrados, pode-se observar que, apesar do preço mais elevado para execução do empreendimento em paredes de concreto, obteve-se um prazo para a entrega final da obra de aproximadamente metade do tempo em relação aos outros dois, mostrando ser uma alternativa atraente em relação as demais.

Palavras-chave: Custos. Produtividade. Paredes de Concreto Moldadas *in loco*.

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN CONCRETE WALLS, STRUCTURAL MASONRY AND CONVENTIONAL SYSTEMS

ABSTRACT

The present work addresses and relates the systems of structural masonry, conventional masonry, both used in big scale now a days, with a third system composed of bearing walls moulded on the

¹ Artigo do Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil, EE, UPM, São Paulo, 2019.

spot, defining them, presenting their constructive characteristics and analytically comparing their respective costs and productivity, through three buildings, one for each system. The methodology used in the literary revision and on the case study was based on article information's, projects and books related to these topics, in addition to collected information's about budget compositions and productivity for the execution of the constructions, through budgets and chronograms of the constructions. To elaborate the quantitative tables and prices for the composition, it was used the table SINAPI, allowing the comparison of prices for the execution of one intermediate floor plan, and, afterwards, the price per metre squared for each constructive system. From the obtained results, it is possible to observe that, even though the price is higher for the execution of a building with bearing walls moulded on spot system, it's deadline is approximately half in relation to the other systems, therefore, being an attractive alternative in relation to the others.

Key-words: Costs. Productivity. Bearing Walls Moulded *on the spot*.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de execução de obras em prazos cada vez mais curtos tem se tornado o principal objetivo de muitas construtoras, porém um dos fatores limitantes desse processo é o custo. A necessidade de se construir cada vez mais rápido é impulsionada pelo crescimento da população urbana nas grandes cidades. O Brasil enfrenta hoje um déficit habitacional com parte da população vivendo e áreas de riscos e habitações precárias.

Em 2017, de acordo com estudo realizado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV) em colaboração com a Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC), foram estimados cerca de 7,77 milhões de habitações consideradas deficientes em relação às necessidades básicas das famílias que residem nas mesmas, sendo as duas principais causas, respectivamente, o ônus excessivo com aluguel (42,3%) e coabitação familiar (41,3%) (ABRAINC, 2018).

Uma maneira encontrada para tentar garantir uma produção rápida e barata, foi inspirada no processo industrial, em que a fábrica é dividida em setores muito bem definidos formando uma linha de produção, implementada por Henry Ford, em meados da década de 1910, com funcionários exercendo suas funções de maneira sistemática e mecânica. De acordo com Manrique (2018), na época, o objetivo era produzir em massa os veículos Ford e consistia em uma produção padronizada e setorizada, onde cada funcionário era treinado para exercer uma função específica de forma contínua e repetitiva, com auxílio de máquinas.

Porém devido à baixa escolaridade e a falta de preparação técnica de ainda grande parte da mão-de-obra da construção civil a produtividade se desenvolve a passos bem mais lentos em comparação com a indústria. Segundo Lima (1998), a construção civil apresenta vários aspectos que

diferem das outras indústrias de transformação. Segundo Coêlho (2003), as construtoras absorvem boa parte da mão-de-obra oriunda do êxodo rural, sem qualquer qualificação ou experiência, que, associadas ao absenteísmo e à rotatividade, afetam a qualidade e produtividade da construção civil em país.

Segundo Coêlho (2003), estudos realizados em Recife em 1999, se gasta 20% a mais de tempo para construir uma edificação do que o teórico devido a produtividade. Dos 50% do tempo gasto com atividades improdutivas, 30% são aceitas como males do ofício. As atividades produtivas ficaram com índices de 34% de alocação de tempo e as tarefas auxiliares, que são produtivas, porém não agregam valor, representam 26%. Esse desequilíbrio na alocação de tempo acarreta um aumento em torno de 10% no custo da obra total da obra.

A produtividade na construção civil pode ser mensurada pelas quantidades de serviços executados versus a quantidade de mão de obra/insumos investidos no tempo. Segundo Loturco (2017) a produtividade na construção civil se relaciona com a melhor forma de utilizar os recursos disponíveis através de estratégias que permitam usufruir melhor do espaço físico, das ferramentas, dos insumos, dos processos, das técnicas de execução e do gerenciamento da mão de obra.

Segundo Thomas e Yakoumis (1987), a medição da produtividade é um instrumento importante para a gestão da mão-de-obra, possibilitando a visualização e controle de áreas que possam estar dando prejuízos e outras que possam ser seguidas como exemplo. Segundo Campos (1992), produtividade pode ser caracterizada como o quociente entre o que a empresa produz (OUTPUT) e o que ela consome (INPUT). Para tanto, existem informações básicas que servem de input e output para a sua concretização. Com efeito, através de modelos de fichas de acompanhamento de produção, os gerenciadores elaboram o controle físico das tarefas de suas obras.

Devido à crise econômica e a multiplicação de construtoras nos grandes centros urbanos uma saída encontrada por algumas construtoras para se diferenciar da concorrência foi a especialização em determinados métodos construtivos. Métodos como paredes de concreto e alvenaria armada tem transformado a cara de construtoras mais antigas como Gafisa, Bueno Netto e Tibério.

Essa busca por estilos específicos de construção é uma saída econômica para a demanda do mercado por imóveis mais baratos e com a mesma qualidade. Quando uma construtora direciona sua estrutura operacional para um único modelo de construção ou foca em projetos modulares a economia vem pela diminuição de tempo de execução pela especialização da mão de obra e pela possibilidade do reaproveitamento dos projetos em diferentes localidades. Nesse modelo de construção mais industrializada as construtoras conseguem fechar pacotes maiores com fornecedores diminuindo custo dos insumos, além de especializar a mão-de-obra própria e de terceiros, criando no mercado uma área de especialização também para os empreiteiros.

Com isso um novo sistema de construtivo começou a ser desenvolvido, o sistema de parede de concreto moldada *in loco* com formas trepantes. Esse sistema promete economia em serviços como alvenaria de vedação, revestimentos externos, instalações em geral e, além disso, despesas indiretas são reduzidas devido à redução significativa do tempo de entrega da edificação.

Segundo a Comunidade da Construção (2012), em virtude do caráter de industrialização apresentado pelas paredes de concreto moldadas no local, possibilita-se que a sua competitividade seja potencializada através da produtividade da mão-de-obra. Assim, as principais variáveis que afetam a produtividade da mão-de-obra são: a tipologia da obra, o projeto de formas, o projeto das armaduras, instalações, processos e treinamento aplicado.

Segundo Ferreira Júnior (2017), no Brasil, as paredes de concreto moldado *in loco* com formas metálicas, surgiu em meados da década de 1980, com intuito de facilitar sendo divididos em etapas construtivas que seguem uma linha de montagem. Nesse sistema construtivo, a metodologia é baseada em processos industrializados, onde a rapidez e a qualidade devem ser monitoradas constantemente para garantir os prazos e custos projetos, como afirmam Misurelli e Massuda (2009).

De acordo com Berr e Formoso (2012) com o passar dos anos, a indústria da construção civil vem melhorando seus métodos construtivos – os racionalizados e os industrializados – em busca da elevação da qualidade de seus produtos e serviços através de ações focadas na redução de prazos e custos. Por meio da industrialização dos processos a produtividade cresce pois os métodos são conhecidos, os projetos se repetem e as dificuldades e obstáculos já são observados e corrigidos nos primeiros modelos criando uma serie de repetição funcional e de menor custo.

De acordo Gisah e Thompson (2011), enquanto que a alvenaria armada e a vedação da estrutura convencional apresentam desvantagens do ponto de vista da produtividade devido ao elevado desperdício pela quebra de blocos, sobras e desperdícios de argamassa, recortes de blocos necessidade de revestimento para alcançar textura lisa; abertura (rasgos) para inserção de dutos e instalação hidráulica e elétrica, maior necessidade de retrabalhos e maior número de serviços para a conclusão de um andar.

Nesse cenário, evidencia-se a necessidade do estudo de processos construtivos que ofereçam uma maior otimização de custos e produtividade, a fim de viabilizar o seu uso em novos projetos de domicílios e empreendimentos imobiliários. Apesar do método de estrutura convencional e alvenaria armada já ter sido amplamente estudado, não há muitos dados que comparem produtividade e custos desses dois sistemas com o de parede de concreto.

Com este intuito, o seguinte trabalho apresenta uma análise comparativa de custos e produtividade entre edifícios de paredes de concreto moldadas *in loco*, estrutura convencional e alvenaria estrutural.

2 METODOLOGIA

Para a comparação dos custos e a produtividade, dada pela velocidade de execução, entre as estruturas de parede de concreto, estruturas convencionais de concreto armado e alvenaria estrutural, serão realizados estudos de casos que compreendam coleta de informações sobre composição orçamentária e produtividade de execução das obras de cada sistema construtivo. Serão feitas no mínimo três visitas a diferentes obras residenciais, com dez pavimentos-tipo, localizadas na cidade de São Paulo, e que sejam construídas com um dos sistemas executivos analisados.

Foram observados em cada visita os seguintes itens:

- Logística interna para armazenamento e transporte interno de materiais até o destino;
- Etapas de execução da estrutura empregadas pela construtora;
- Desperdícios recorrentes de retrabalho ou descuido por parte dos operários;
- Dificuldades encontradas durante a execução da estrutura;
- Cronograma de execução da estrutura;
- Quantidade de funcionários por serviço;
- Custos da obra para execução da estrutura;

Com os dados coletados em campo, será avaliada, para cada sistema construtivo, a velocidade de execução da estrutura com auxílio do cronograma fornecido pelo engenheiro da obra. Essa avaliação levará em consideração também a logística da sequência construtiva utilizada. Serão avaliados também, os custos da obra referente à execução da superestrutura que dependem diretamente do preço dos materiais e mão de obra, sendo este último calculado com base na quantidade funcionários necessários para cada método construtivo.

Em última análise, será observado o benefício-custo de cada sistema, utilizando como base a avaliação da velocidade de execução e custo dos. Por fim, com todos os resultados avaliados, serão confrontados os três sistemas em análise e determinado o método mais econômico com melhor benefício-custo para a construtora.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De maneira a manter a privacidade das construtoras das obras citadas, caso haja menção, será nomeado de “Construtora A” aquela responsável pelo empreendimento executado no sistema de estrutura convencional, seguido por “Construtora B”, responsável por obra em sistema de alvenaria armada e por último “Construtora C”, cujo empreendimento trata-se do sistema de paredes de concreto.

Para equalizar os valores de cada sistema construtivo foram somados os custos de bloco, aço, concreto, forma, graute e argamassa de um pavimento tipo, sendo esse dividido pela metragem quadrada da laje, a fim de se obter o custo por metro quadrado de cada sistema para a análise comparativa. Não foram levados em conta para o estudo os custos de escoramento, pois os três métodos usavam sistemas similares, tornando-se desprezível a diferença no total.

A sequência da documentação quantitativa dos valores será feita com algumas considerações citadas em cada um dos tópicos a seguir, onde haverá uma divisão entre dados de custos e de produtividade para os três sistemas analisados.

3.1 LEVANTAMENTO DE DADOS E ANÁLISE DE CUSTOS

Para a análise dos dados de custos dos métodos construtivos, considerou-se uma divisão na apresentação de todos os dados coletados em relação ao tipo de sistema construtivo, de maneira a seguir uma sequência lógica. Inicialmente, serão descritas as características do empreendimento, seguido do levantamento de custos de cada um dos materiais utilizados na construção do pavimento tipo médio

3.1.1 Sistema de estrutura convencional

O empreendimento estudado da Construtora A se localiza na região norte de São Paulo de uso residencial de médio padrão. O projeto possui vinte e seis andares tipo, com 837,16 m² cada, um térreo, um sobressolo e 3 subsolos. O empreendimento foi executado com o sistema de estrutura convencional de concreto armado e alvenaria de vedação.

Para o levantamento do quantitativo de blocos, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade aproximada de blocos usados por pavimento. Para chegarmos no preço total, utilizamos os preços unitários da tabela do SINAPI. Multiplicando o preço unitário pela quantidade obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Para o levantamento do quantitativo de aço, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade aproximada de aço usado por pavimento tipo. Para chegar no preço total, foram utilizados os preços por kg fornecidos pela construtora B para padronização. Multiplicando o preço unitário pela quantidade obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Para o levantamento do quantitativo de aço, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade aproximada de aço usado por pavimento tipo. Para chegar no preço total, foram utilizados os preços por kg fornecidos pela construtora B para padronização. Multiplicando o preço unitário pela quantidade obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 1 – Custos do serviço de blocos utilizados no sistema de estrutura com alvenaria convencional.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA CONVENCIONAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
1	BLOCOS				
1.1	Bloco tipo 3 MPA, inteiro com espessura de 9cm	Unid.	2995	R\$1,60	R\$4.792,01
1.2	Bloco tipo 3 MPA, inteiro com espessura de 14cm	Unid.	6622	R\$1,88	R\$12.449,61
1.3	Bloco tipo 3 MPA, inteiro com espessura de 19cm	Unid.	6540	R\$2,42	R\$15.827,65
1.4	Mão de Obra	m ²	1379,71	R\$29,50	R\$40.701,45
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE BLOCO					R\$73.770,71

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 2 – Custos do serviço de aço utilizado no sistema de estrutura com alvenaria convencional.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA CONVENCIONAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
2	AÇO				
2.1	Bitola de 5mm CA-60	KG	1521	R\$ 3,96	R\$6.023,16
2.2	Bitola de 6,3mm CA-50	KG	1752	R\$ 3,77	R\$6.605,04
2.3	Bitola de 8mm CA-50	KG	3757	R\$ 3,77	R\$14.163,89
2.4	Bitola de 10mm CA-50	KG	3834	R\$ 3,62	R\$13.879,08
2.5	Bitola de 12,5mm CA-50	KG	4725	R\$ 3,46	R\$16.348,50
2.6	Bitola de 16mm CA-50	KG	819	R\$ 3,46	R\$2.833,74
2.7	Bitola de 20mm CA-50	KG	2545	R\$ 3,46	R\$8.805,70
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE AÇO					R\$68.659,11

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento quantitativo de concreto, a construtora também disponibilizou uma tabela com o tipo e metragem cúbica aproximada de concreto utilizada por pavimento tipo. Para chegar no preço total, utilizou-se os preços unitários preços passados pela própria. Multiplicando o preço unitário pela quantidade obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 3 – Custos do serviço de concreto utilizado no sistema de estrutura com alvenaria convencional.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA CONVENCIONAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
3	CONCRETO				
3.1	Concreto	m ³	180,28	R\$ 282,50	R\$50.929,10
3.2	Mão de Obra	m ³	180,28	R\$535,00	R\$96.449,80
3.3	Bombeamento	m ³	180,28	R\$29,60	R\$5.336,29
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE CONCRETO					R\$152.715,19

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo de formas, a construtora disponibilizou uma tabela, com o a quantidade aproximada de forma usada por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se os preços unitários de outra construtora do estudo de caso, para que os custos deste serviço fossem padronizados. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 4 – Custos do serviço de formas utilizadas no sistema de estrutura com alvenaria convencional.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA CONVENCIONAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
4	FORMA				
4.1	Forma	m ²	1585,67	R\$52,35	R\$83.009,82
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE FORMA					R\$83.009,82

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo da argamassa, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade estimada de argamassa usada por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se o preço unitário informado pela própria construtora. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 5 – Custos do serviço de argamassa utilizada no sistema de estrutura com alvenaria convencional.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA CONVENCIONAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
5	ARGAMASSA				
5.1	Argamassa	KG	37705,78	R\$0,20	R\$7.541,16
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE ARGAMASSA					R\$7.541,16

Fonte: Autores, 2019.

Com estes dados, conclui-se que o custo dos serviços de estrutura e vedação desse empreendimento por andar é de R\$385.785,99.

Deste modo, para poder fazer um comparativo de custos com os demais sistemas construtivos, dividiu-se o custo do pavimento por sua metragem, para achar um preço estimado por metro quadrado deste sistema. Sendo assim, o preço por metro quadrado para executar o serviço de estrutura e vedação de um pavimento tipo de um empreendimento em estrutura convencional é de: R\$460,83/m².

3.1.2 Sistema alvenaria estrutural armada

O empreendimento realizado pela Construtora B é de uso residencial na cidade de São Paulo. Sua laje possui 1051,5m². Tendo o edifício, elevador, quinze pavimentos tipo e um subsolo. O empreendimento está sendo executado com o sistema de alvenaria estrutural de blocos de concreto.

Para o levantamento do quantitativo de bloco, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade aproximada de blocos usados por pavimento. Para chegarmos no preço total, utilizamos os preços unitários da tabela do SINAPI. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obtivemos o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Para o levantamento do quantitativo de aço, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade aproximada de aço usado por pavimento. Para chegar no preço total, foram utilizados os preços passados pela própria construtora. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 6 – Custos do serviço de blocos utilizados no sistema de estrutura com alvenaria estrutural armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
1	BLOCOS				
1.1	Bloco tipo 14MPA, inteiro com espessura de 14cm	Unid.	8663	R\$2,30	R\$19.924,90
1.2	Meio-Bloco, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	1336	R\$1,17	R\$1.563,12
1.3	Bloco 34, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	2809	R\$2,30	R\$6.460,70
1.4	Bloco 54, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	413	R\$3,04	R\$1.255,52
1.5	Bloco 9, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	108	R\$0,76	R\$82,08
1.6	Bloco 4, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	481	R\$0,44	R\$211,64
1.7	Bloco Canaleta, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	1114	R\$2,32	R\$2.584,48
1.8	Bloco Canaleta 34, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	570	R\$2,30	R\$1.311,00
1.9	Bloco Meia Canaleta, tipo 14MPA, com espessura de 14cm.	Unid.	28	R\$1,25	R\$35,00
1.10	Mão de Obra	m ²	1038,61	R\$71,18	R\$73.928,01
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE BLOCO					R\$107.356,45

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 7 – Custos do serviço de aço utilizado no sistema de estrutura com alvenaria estrutural armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
2	AÇO				
2.1	Bitola de 5mm	KG	2353,7	R\$3,96	R\$9.320,65
2.2	Bitola de 6,3mm	KG	2034,14	R\$3,77	R\$7.668,71
2.3	Bitola de 8mm	KG	1820,14	R\$3,77	R\$6.861,92
2.4	Bitola de 10mm	KG	716,14	R\$3,62	R\$2.592,43
2.5	Bitola de 12,5mm	KG	631,14	R\$3,46	R\$2.183,74
2.6	Bitola de 16mm	KG	447,14	R\$3,46	R\$1.547,10

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
2			AÇO		
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE AÇO					R\$30.174,56

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo de concreto, a construtora também disponibilizou uma tabela, com o tipo e metragem cúbica aproximada de concreto utilizada por pavimento tipo. Para chegar no preço total, utilizou-se os preços unitários da construtora A para que os custos dos componentes deste serviço fossem padronizados. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 8 – Custos do serviço de concreto utilizado no sistema de estrutura com alvenaria estrutural armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL

ITEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
3			CONCRETO		
3.1	Concreto	m ³	112,5	R\$269,00	R\$30.262,50
3.2	Mão de Obra	m ³	112,5	R\$535,00	R\$60.187,50
3.3	Bombeamento	m ³	112,5	R\$29,60	R\$3.330,00
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE CONCRETO					R\$93.780,00

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo de formas, a construtora disponibilizou uma tabela, com o tipo e quantidade aproximada de forma usada por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se os preços unitários de outra construtora do estudo de caso, para que os custos deste serviço fossem padronizados, essa equalização de preços foi possível pois as formas são do mesmo tipo. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço. Vale lembrar que este valor é uma estimativa.

Tabela 9 – Custos do serviço de formas utilizadas no sistema de estrutura com alvenaria estrutural armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
4	FORMA				
4.1	Forma	m ²	932,25	R\$52,35	R\$48.331,95
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE FORMA					R\$48.331,95

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo do graute, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade estimada de graute usado por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se o preço unitário da mesma construtora. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço. Vale lembrar que este valor é uma estimativa.

Tabela 10 – Custos do serviço de graute utilizado no sistema de estrutura com alvenaria estrutural armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
5	GRAUTE				
5.1	graute	m ²	25,59	R\$284,00	R\$7.267,56
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE GRAUTE					R\$7.267,56

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo da argamassa, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade estimada de Argamassa usada por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se o preço unitário informado pela mesma construtora. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço. Vale lembrar que este valor é uma estimativa.

Tabela 11 – Custos do serviço de argamassa utilizada no sistema de estrutura com alvenaria estrutural armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA EM ALVENARIA ESTRUTURAL					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
6	ARGAMASSA				
6.1	Argamassa 10MPA	KG	7968,705	R\$0,46	R\$3.665,60
6.2	Argamassa 14MPA	KG	8268,658	R\$0,46	R\$3.803,58
6.3	Argamassa 20MPA	KG	11987,091	R\$0,54	R\$6.473,03
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE ARGAMASSA					R\$13.942,22

Fonte: Autores, 2019.

Com estes dados, obteve-se um orçamento dos serviços de estrutura para uma obra em Alvenaria Estrutural de: R\$300.852,74.

Deste modo, para poder fazer um comparativo de custos com os demais sistemas construtivos, dividiu-se o orçamento total do pavimento por sua metragem, para achar um preço estimado por metro quadrado deste sistema. Sendo assim, o preço por metro quadrado para executar o serviço de estrutura de um pavimento de um empreendimento em alvenaria estrutural é de: R\$286,12/m².

3.1.3 Sistema de parede de concreto armado

O empreendimento realizado pela Construtora C é de uso residencial na cidade de São Paulo. Sua laje possui 780m². Tendo o edifício, elevador, dezenove pavimentos tipo e três sobressolo. O empreendimento está sendo executado com o sistema de Parede de Concreto Armado.

Para o levantamento do quantitativo de bloco, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade aproximada de blocos usados por pavimento. Para chegarmos no preço total, utilizamos os preços unitários da tabela do SINAPI. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obtivemos o preço total de um pavimento para a execução deste serviço. Vale lembrar que este valor é uma estimativa.

Para o levantamento do quantitativo de aço, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade aproximada de aço usado por pavimento. Para chegar no preço total, foram utilizados os preços por kg fornecidos pela construtora B para padronização. Multiplicando o preço unitário pela quantidade obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 12 – Custos do serviço de blocos utilizados no sistema de parede de concreto armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
1	BLOCOS				
1.1	Bloco tipo 3 MPA, inteiro com espessura de 9cm	Unid.	700	R\$1,60	R\$1.120,00
1.2	Bloco tipo 3 MPA, inteiro com espessura de 14cm	Unid.	1546	R\$1,88	R\$2.906,48
1.3	Bloco tipo 3 MPA, inteiro com espessura de 19cm	Unid.	1527	R\$2,42	R\$3.695,34
1.4	Mão de Obra	m ²	279,42	R\$29,50	R\$8.242,89
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE BLOCO					R\$15.964,71

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 13 – Custos do serviço de aço utilizados no sistema de parede de concreto armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
2	AÇO				
2.1	Bitola de 5mm CA-60	KG	7107,72	R\$ 3,96	R\$28.146,57
2.2	Bitola de 6,3mm CA-50	KG	5226,47	R\$ 3,77	R\$19.703,79
2.3	Bitola de 8mm CA-50	KG	3961,08	R\$ 3,77	R\$14.933,27
2.4	Bitola de 10mm CA-50	KG	307,43	R\$ 3,62	R\$1.112,90
2.5	Bitola de 12,5mm CA-50	KG	50,14	R\$ 3,46	R\$173,48
2.6	Bitola de 16mm CA-50	KG	173,82	R\$ 3,46	R\$601,42
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE AÇO					R\$64.671,43

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo de concreto, a construtora também disponibilizou uma tabela, com o tipo e metragem cúbica aproximada de concreto utilizada por pavimento tipo. Para chegar no preço total, utilizou-se os preços unitários da construtora A para que os custos dos componentes deste serviço fossem padronizados. Multiplicando o preço unitário pela quantidade obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 14 – Custos do serviço de concreto utilizados no sistema de parede de concreto armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
3	CONCRETO				
3.1	Concreto	m ³	167,3	R\$ 282,50	R\$47.262,25
3.2	Mão de Obra	m ³	167,3	R\$535,00	R\$89.505,50
3.3	Bombeamento	m ³	167,3	R\$29,60	R\$4.952,08
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE CONCRETO					R\$141.719,83

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento quantitativo de formas, a construtora disponibilizou uma tabela, com o tipo e quantidade aproximada de forma usada por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se os preços unitários obtidos do SINAPI para o mesmo modelo de forma usada pela construtora. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço. Vale lembrar que este valor é uma estimativa.

Tabela 15 – Custos do serviço de formas utilizadas no sistema de parede de concreto armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA PAREDE DE CONCRETO					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
4	FORMA				
4.1	Forma	m ²	1450	R\$73,84	R\$107.068,00
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE FORMA					R\$107.068,00

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento do quantitativo da argamassa, a construtora disponibilizou uma tabela com a quantidade estimada de argamassa usada por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se o preço unitário informado pela mesma construtora. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total de um pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 16 – Custos do serviço de argamassa utilizados no sistema de parede de concreto armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
5	ARGAMASSA				
5.1	Argamassa	KG	8799,81	R\$0,20	R\$1.759,96
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE ARGAMASSA					R\$1.759,96

Fonte: Autores, 2019.

Para o levantamento quantitativo da Drywall, a construtora disponibilizou uma tabela com o tipo e quantidade estimada de material de Drywall usado por pavimento. Para chegar no preço total, utilizou-se o preço unitário informado pela mesma construtora. Multiplicando o preço unitário pela quantidade, obteve-se o preço total do pavimento para a execução deste serviço.

Tabela 17 – Custos do serviço de Drywall utilizados no sistema de parede de concreto armada.

ORÇAMENTO PARA 1 PAVIMENTO TIPO DO SISTEMA DE PAREDE DE CONCRETO					
ÍTEM	SERVIÇO/MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	TOTAL
6	DRYWALL				
6.1	Material	m ²	1242,24	R\$41,52	R\$51.577,80
6.2	Mão de Obra	m ²	1242,24	R\$25,00	R\$31.056,00
PREÇO TOTAL DO SERVIÇO DE DRYWALL					R\$82.633,80

Fonte: Autores, 2019.

Com estes dados, obteve-se um orçamento dos serviços de estrutura para uma obra em Parede de Concreto Armado é de: R\$413.817,74.

Deste modo, para poder fazer um comparativo de custos com os demais sistemas construtivos, dividiu-se o orçamento total do pavimento por sua metragem, para achar um preço estimado por metro quadrado deste sistema. Sendo assim, o preço por metro quadrado para executar o serviço de estrutura de um pavimento de um empreendimento em parede de concreto armado é de: R\$530,54/m².

3.2 LEVANTAMENTOS DE DADOS E ANÁLISE DE PRODUTIVIDADE

A produtividade afeta diretamente no prazo de uma obra que por sua vez afeta diretamente o custo final ao reduzir os custos indiretos, como instalações do canteiro e mão de obra permanente.

Além disso, quanto mais rápido um serviço for executado, menor será o prazo da obra e mais rápido será o retorno financeiro.

Para analisar, inicialmente, a produtividade dos diferentes serviços existentes na obra foram coletados dados de quantidades médias de funcionários e de prazos médios de execução, informações essas que são correspondentes à elaboração de um pavimento tipo. Foram calculados índices de produtividade dos diferentes serviços que são realizados durante a fase de estrutura de um pavimento tipo com base na fórmula abaixo:

$$\text{Índice de Produtividade (IP)} = \frac{\text{Horas x Homens}}{\text{Quantidade de serviço}}$$

Com essa equação foi possível conhecer quantas horas são necessárias para um funcionário produzir uma unidade de serviço e assim realizar uma análise comparativa das tarefas independente dos seus volumes de trabalho. Assim será possível não apenas verificar qual tarefa é mais rápida no cronograma, mas também ter uma noção de qual empreitada atinge a produtividade maior.

Nas tabelas a seguir são apresentados os dados para o cálculo dos índices de produtividade por função dos serviços de concretagem (forma, armação e lançamento de concreto) e elevação de alvenaria de vedação (alvenaria de blocos de concreto e drywall).

Tabela 18 - Índice de produtividade dos serviços de concretagem e elevação de alvenaria de uma obra com estrutura executada em concreto armado.

Função	Funcionários	Média de horas trabalhadas por dia	Ciclo de execução médio de um pavimento tipo	Quantidade de serviço realizado (em um pavimento tipo)	Índice de produtividade
Carpinteiro	6	9	6	Concretagem de 180,28 m ³	IP = 1,80
Armadores	6	9	6	Concretagem de 180,28 m ³	IP = 1,80
Pedreiros	7	9	10	Elevação de 1.197,27 m ² de alvenaria	IP = 0,53

Fonte: Autores, 2019.

Observando os dados obtidos na Tabela 18, entende-se que para a elaboração da forma, da armação e a concretagem de 1 m³ da estrutura de concreto armado convencional são necessárias 1,80 horas de trabalho tanto de um armador quanto de um carpinteiro e para a elevação de 1 m² de alvenaria é necessária 0,53 hora de trabalho de um pedreiro. Na Tabela 19, observa-se a necessidade de 1,92 horas de trabalho de um carpinteiro e um armador para execução de 1 m³ da estrutura de alvenaria

estrutural e 0,49 hora de um pedreiro para elevação de 1 m² alvenaria no pavimento tipo. Já na tabela 20, observa-se que para a elaboração de forma, armação e a concretagem de 1 m³ da estrutura são necessárias 2,14 horas de trabalho de um armador e um carpinteiro, e para elevação das paredes em drywall são necessárias 0,14 hora de serviço de um gesseiro.

Tabela 19 - Índice de produtividade dos serviços de concretagem e elevação de alvenaria de uma obra com estrutura executada em alvenaria estrutural.

Função	Funcionários	Média de horas trabalhadas por dia	Ciclo de execução médio de um pavimento tipo	Quantidade de serviço realizado (em um pavimento tipo)	Índice de produtividade
Carpinteiro	8	9	3	Concretagem de 112,50 m ³	IP = 1,92
Armadores	6	9	4	Concretagem de 112,50 m ³	IP = 1,92
Pedreiros	8	9	7	Elevação de 1.038,61 m ² de alvenaria	IP = 0,49

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 20 - Índice de produtividade dos serviços de concretagem e elevação de paredes de drywall de uma obra com estrutura executada em paredes de concreto.

Função	Funcionários	Média de horas trabalhadas por dia	Ciclo de execução médio de um pavimento tipo	Quantidade de serviço realizado (em um pavimento tipo)	Índice de produtividade
Carpinteiro	10	9	6	Concretagem de 252,76 m ³	IP = 2,14
Armadores	10	9	6	Concretagem de 252,76 m ³	IP = 2,14
Gesseiro	5	9	4	Elevação de 1.242,24 m ² de alvenaria	IP = 0,14

Fonte: Autores, 2019.

Analisando os dados das tabelas referente a concretagem é possível perceber que possuem valores de índices de produtividade muito próximos uns dos outros, variando pouco devido às diferenças de complexidade de geometria dos elementos estruturais e de intempéries existentes ao longo do tempo. Com isso, foi concluído que a produtividade de um serviço independe do processo executivo empregado e sim da produtividade do funcionário que a executa. Em relação ao serviço de vedações internas observa-se uma vantagem grande de produtividade do sistema de drywall comparado à alvenaria de blocos de concreto, por ser um sistema mais rápido de ser executado.

A seguir, foram analisados os cronogramas das obras com suas respectivas sequências executivas e observados os prazos para produção da estrutura do pavimento de referência. A obra que utiliza o processo construtivo de concreto armado convencional, estudada nesse trabalho, possui um

cronograma para execução do pavimento tipo de 817,16 m² de área de piso que se inicia com a produção dos pilares, seguido das lajes e vigas. A etapa é considerada como finalizada somente após o lançamento do concreto no piso, levando um prazo de 6 dias e um volume de 180,28 m³. Em seguida, é dado início à elevação de 1.197,27 m² totais da alvenaria de vedação do pavimento em um período de 10 dias de trabalho. É observada que a execução completa da estrutura e da alvenaria do pavimento tipo dura 16 dias de trabalho no total.

A obra que utiliza o processo construtivo de alvenaria estrutural, estudada nesse trabalho, prevê a execução do pavimento tipo de 1.051 m² de área de piso iniciando-se na elevação da alvenaria, com área total de 1.038,61 m², em um período de 7 dias. Sequencialmente, inicia-se a execução da laje de 112,50 m³, desde a montagem das formas até a concretagem em um período de 3 dias. Portanto, para execução completa da estrutura do pavimento tipo com toda a alvenaria de vedação foram necessários 10 dias de trabalho no total.

A obra que utiliza o processo construtivo de parede de concreto armado, estudada nesse trabalho, possui um pavimento tipo com área de piso de 495,00 m² e volume de concreto de 252,76 m³ para serem executados em 6 dias de trabalho. Na sequência, são levantadas um total de 1.242,24 m² de drywall em um prazo de 4 dias trabalhados. Portanto, para execução da estrutura do pavimento mais a vedação interna dos apartamentos, são necessários 10 dias de trabalho no total.

É importante salientar que foram analisados apenas os serviços da obra até a conclusão da alvenaria de vedação e fechamentos internos de um pavimento tipo, não sendo analisada a fase de acabamento, pois esta é similar entre os diferentes sistemas resultando em processos muito próximos entre os sistemas construtivos.

4 CONCLUSÕES

Através das informações levantadas no trabalho foi elaborado um estudo comparativo entre sistema construtivo de parede de concreto com os sistemas de alvenaria estrutural e estrutura de concreto armado convencional, para que fosse verificado se o método construtivo de parede de concreto além de ter vantagem na velocidade de construção, também apresenta vantagem econômica e de produtividade quando comparado com estes dois sistemas construtivos que já estão mais difundidos no mercado.

Para este estudo, foram analisados os três sistemas construtivos citados acima com foco em parede de concreto, levantando dados de produtividade e de custo com materiais e mão de obra nos diferentes sistemas para que fosse possível elaborar um comparativo entre sistemas. Foram divididos os custos totais dos pavimentos pela metragem de suas respectivas lajes. Com isso, o preço por metro

quadrado do sistema de parede de concreto armado é de R\$530,54/m², enquanto o do sistema de estrutura convencional é de R\$460,83/m² e o de alvenaria estrutural é de R\$287,56/m².

Analisando mais a fundo os itens que compõem os custos dos três processos construtivos, observa-se que os itens de concreto e o aço, incluso material e mão de obra, são os de maiores custos para todos os sistemas. Na estrutura convencional correspondente a R\$264,43/m² de pavimento tipo, ou seja, 57,4% do valor total do processo construtivo. No sistema de parede de concreto armado, esse valor corresponde a R\$264,60/m², equivalente a 49,9% do total, enquanto no sistema de alvenaria estrutural o preço é de R\$117,88/m², correspondente a 41,2% do total.

No sistema de parede de concreto armado a taxa de concreto é de 0,214m³/m² de pavimento tipo, enquanto para o sistema de alvenaria estrutural, a taxa é de 0,106m³/m² para um pavimento tipo, e por fim, para o sistema de alvenaria convencional, a taxa é de 0,215m³/m². Para o serviço de aço, a taxa de aço para o sistema de parede de concreto é de 21,57kg/m², enquanto para o sistema de alvenaria estrutural é de 7,61kg/m² e, por fim, para o sistema de alvenaria convencional, a taxa é de 22,64kg/m².

Tabela 21 – Volume de concreto por elementos de cada sistema

Volume de Concreto por elemento estrutural (m ³)			
Objetos	Parede de Concreto	Alvenaria Estrutural	Estrutura Convencional
Vigas	1,58	13,70	35,60
Lajes	114,48	98,80	93,87
Parede	43,38	-	-
Pilar	7,86	-	50,81
Total	167,30	112,50	180,28

Fonte: Autores, 2019.

Observando essas taxas, é possível analisar que a quantidade de concreto e aço utilizados no sistema de alvenaria estrutural é bem menor do que nos demais sistemas, justificando a menor participação desses itens no custo total do mesmo, enquanto que nos sistemas de parede de concreto e estrutura convencional são muito similares, assim, o que explica a diferença nos custos totais é o sistema de formas utilizado em cada um dos dois processos construtivos. Na parede de concreto, é utilizado o sistema de formas trepantes, com uma taxa igual a 1,86 m² de forma/m² do pavimento tipo, gerando um valor de R\$137,27/m² de pavimento tipo, equivalente a 25,9% do custo total, ao

mesmo tempo em que para o sistema de alvenaria convencional, a taxa é de $1,89\text{m}^2/\text{m}^2$ para um valor de R\$99,17/m² de pavimento tipo, equivalente a 21,5% do custo total.

A partir destes dados, conclui-se que entre os três sistemas, o preço para execução de um pavimento tipo do sistema de alvenaria estrutural é o mais barato. Comparando os sistemas de parede de concreto armado e de alvenaria convencional, verifica-se que as taxas dos principais serviços são muito próximas, porém, o que diferencia o preço deles é a forma que para o sistema de parede de concreto armado utiliza-se uma forma diferente dos outros sistemas, denominada de forma trepante, que tem um preço unitário mais elevado em relação aos outros tipos de formas no mercado, conseqüentemente, elevando o custo final do processo construtivo.

Analisando-se a produtividade de cada sistema, conclui-se que a duração, em dias, para execução de um pavimento tipo completo, incluindo atividade de alvenaria de vedação interna, do sistema de parede de concreto é de 10 dias, enquanto para o sistema de alvenaria estrutural é de também 10 dias, e de estrutura convencional é de 16 dias. Porém, a grande vantagem do sistema de parede de concreto é que a atividade de vedação interna em drywall não é um caminho crítico, ou seja, a execução da estrutura do próximo pavimento não depende do término desta atividade. Sendo assim, embora a execução de um pavimento completo para o sistema de parede de concreto dure 10 dias, a estrutura dura aproximadamente 6 dias para ser concluída, possibilitando o término da atividade de superestrutura muito antes, além de reduzir muitos processos de execução da fachada, que é considerada uma atividade crítica nas obras.

Portanto, as vantagens do sistema de parede de concreto são o retorno mais rápido do investimento em menor tempo de execução e a garantia de economia nos custos indiretos da obra, como locação do canteiro, salários, contas de luz/água, entre outros, devido ao seu rápido prazo de realização. Na obra estudada, o sistema de parede de concreto tem o prazo de 15 meses, comparado a 27 meses da obra no sistema de estrutura convencional e 24 meses da obra no sistema de alvenaria estrutural. Além disso, a execução das paredes em concreto armado reduz a quantidade de serviços a serem feitos na fachada, como encunhamento, chapisco e emboço, reduzindo tanto o prazo de obra, quanto os custos que seriam gastos nestes serviços.

Com o objetivo de aprofundar o estudo com relação as vantagens do sistema de parede de concreto, sugerem-se o estudo dos custos indiretos como proteção coletiva, custo da equipe de obra, locação do canteiro, entre outros. E custos diretos como geração de resíduos, frete de material e fachada. Além das vantagens ambientais como menor consumo de água e redução das emissões de CO₂.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS. **Análise das necessidades habitacionais e suas tendências para os próximos dez anos**. FGV Projetos, CE n. 1908/18, 2018. Disponível em: <<https://www.abrainc.org.br/wp-content/uploads/2018/10/ANEHAB-Estudocompleto.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- BERR, Letícia Ramos; FORMOSO, Carlos Torres. **Método para avaliação da qualidade de processos construtivos em empreendimentos habitacionais de interesse social**. 2012. Disponível em: <<https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/22220>>. Acesso em: 06 jul. 2019
- CAMPOS, Vicente Falconi. **Controle da qualidade (no estilo japonês)**. 5ª ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni/UFMG, 1992.
- COÊLHO, Ronaldo Sérgio de Araújo. **Método para estudos da produtividade da mão-de-obra na execução da alvenaria e seu revestimento em ambientes sanitários**. 2003. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Mecânica, São Luís, 2003.
- CONSTRUÇÃO, Comunidade da (Org.). **Norma para edificações com parede de concreto já está em vigor**. 2012. Disponível em: <<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/noticias/133/norma-para-edificacoes-com-parede-de-concreto-ja-esta-em-vigor.html>>. Acesso em: 09 mar. 2019.
- FERREIRA JÚNIOR, Antônio Carlos. **Estudo comparativo da produtividade dos métodos de paredes moldadas in loco com forma de alumínio e da alvenaria estrutural para residências em Porto Velho/RO**. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 01, n. 14, p.1-21, dez. 2017. Semestral.
- GISAH, A. P.; THOMPSON, R. V. **Comparativo de Custos de Sistemas Construtivos, Alvenaria Estrutura e Estrutura em Concreto Armado no caso do Empreendimento Piazza Maggiore**. Curitiba, PR: Universidade Federal do Paraná, 2011.
- LIMA, Adalberto da Cruz. **Gerenciamento de processos na execução do macroprocesso construtivo: um estudo de caso aplicado no processo estrutural**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, UFSC, Florianópolis, 1998.
- LOTURCO, Bruno. **Produtividade na construção civil: o que é e como medir**. 2017. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/produtividade-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 03 mai. 2019.
- MANRIQUE, Luis. **Linha de Produção: A importância dos processos de inspeção e triagem de produtos**. Grupo Solutions, São Paulo, v. 1, n. 1, p.1-3, abr. 2018. Mensal.
- MISURELLI, Hugo; MASSUDA, Clovis. **Paredes de concreto**. 147. ed. São Paulo: Técnica, 2009. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-de-concreto-285766-1.aspx>>. Acesso em: 02 maio 2019.
- THOMAS, H.R., YAKOUMIS, I. **Factor model of construction productivity**. 1987 Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, Vol.113, No.4. pp.623-39

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Presbiteriana Mackenzie, pela infraestrutura e oportunidades ofertadas durante os anos de graduação. Os professores que durante nossa jornada sempre nos incentivaram e nos tornaram os profissionais que somos hoje. Ao professor Alfredo Mário Savelli, por ter nos orientado no início desse estudo com constante acompanhamento e incentivo. As nossas famílias, pela paciência, compreensão e apoio. Aos nossos colegas de trabalho, pelas palavras de incentivo. E aos nossos colegas de sala, pela companhia nesses anos de estudos.