



Analysis of the economic viability of the prefabricated building system in a single-family residence

Lorena Camurça dos Santos¹, Bruna Barbosa Matuti²

^{1,2} Centro Universitário do Norte (UNINORTE) – Manaus – AM.

Email: lorenacamuca@hotmail.com, bruhmatuti@outlook.com

Received: September 27th, 2018

Accepted: November 06th, 2018

Published: December 31th, 2018

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

The present work intends to present information on the use of precast concrete parts in a common family residence of the popular type. The high cost of materials, coupled with the importance of fast execution of the work, as well as reduction of expenses and waste in the construction industry, is a technology widely used in other countries, but little used in Brazil. The precast concrete parts construction systems have guaranteed numerous civil construction benefits when compared to conventional constructional techniques. This is due to the fact that these processes have guaranteed better efficiency and speed of delivery, guarantee higher quality of manufactured parts, specialized labor, less waste and consequently less amount of generated waste generated by the work. The precast pieces are structural artifacts such as beams, pillars, slabs, panels or any other element that can be used for civil construction. These are manufactured by specialized industries, transported and installed in their final location. The objective is to demonstrate, through comparative budgetary costs, the economic viability of the precast housing structure in the city of Manaus compared to the conventional molded concrete structure in loco. The results show costs of the new techniques of construction, pre-molded, that lowers the cost and improves the quality of the popular houses, also showing its advantages and disadvantages.

Keywords: Construction systems, Conventional structure, Pre-molded structure, Budget. Economic viability, Popular house.

Análise de viabilidade econômica do sistema construtivo pré-moldado em residência unifamiliar

RESUMO

O presente trabalho pretende apresentar informações sobre a utilização de peças pré-moldadas de concreto armado em residência unifamiliar do tipo popular. A partir do elevado custo de materiais, junto à importância da rápida execução da obra, bem como diminuição de gastos e desperdícios na construção civil, surge uma tecnologia bastante divulgada em outros países, mas pouco empregada no Brasil. Os sistemas construtivos de peças pré-moldadas de concreto têm garantido inúmeros benefícios à construção civil quando comparado com as técnicas construtivas convencionais. Isto se deve ao fato de que esses processos têm garantido melhor eficiência e velocidade na entrega, garantem maior qualidade das peças fabricadas, mão de obra especializada, menor desperdício e consequentemente menor quantidade de resíduos gerados pela obra. As peças pré-moldadas são fabricadas por indústrias especializadas, depois transportadas e instaladas no seu local definitivo. O objetivo é demonstrar, através de comparativos de custos orçamentários, a viabilidade econômica da estrutura pré-moldada em residência unifamiliar na cidade de Manaus comparado com a estrutura convencional de concreto moldado in loco. Os resultados mostram os custos das novas técnicas de construção, pré-moldado.

Palavras-chave: Sistemas construtivos, Estrutura convencional, Estrutura pré-moldada, Orçamento, Viabilidade econômica, Casa popular.

I INTRODUÇÃO

No Brasil, a construção civil é vista como uma indústria arcaica quando comparada a outros ramos industriais, coma de bebidas, têxtil e alimentícia [1]. As diferenças são, principalmente, na aplicação das inovações tecnológicas na qual no processo da construção civil predomina o sistema convencional de concreto armado moldado in loco.

O sistema convencional é constituído de elementos estruturais como pilares, vigas e lajes de concreto armado, e vedação das paredes composta por tijolos cerâmicos. Esse sistema é predominante devido a sua facilidade de aplicação, flexibilidade de adaptar-se em qualquer ambiente de trabalho e não necessita de mão de obra especializada [2] e [3].

A baixa qualidade da mão de obra e o desperdício de materiais nesse tipo de sistema são fatores que influenciam diretamente no custo final do projeto e no tempo de construção. Além disso, esse tipo de construção produz excesso de resíduos de obra, gerados pelas etapas construtivas como por exemplo: rasgo nas paredes para instalação das tubulações de elétrica e hidráulica, quebra dos tijolos cerâmicos para obedecer aos vãos das portas e janelas e resto de madeira após o processo de desforma[1]*. Soluções para os problemas do sistema convencional tem sido proposto na literatura. Uma das formas de acelerar a execução da obra frente à construção convencional é com um sistema industrializado econômico e eficiente baseado em fabricação de peças e placas pré-moldadas, que diminui o tempo de execução da obra, reduz o desperdício de materiais e de resíduos [4].

O pré-moldado é um sistema construtivo composto de elementos estruturais, como pilares, vigas, lajes, painéis, placas e outros, confeccionados em fábricas e depois transportados até o canteiro de obras, através de carretas. Antes de serem montados e formar a estrutura da edificação, esses elementos estruturais passam por um rígido controle de qualidade que consiste em moldagem, ensaios e teste de resistência [5].

A utilização desse sistema construtivo industrializado está ligada diretamente no tempo de execução e gerenciamento dos custos, mas para isso é essencial que o profissional saiba gerenciar a obra no que diz respeito aos custos com mão de obra, aquisição de materiais e o tempo de término da obra engenharia. O uso do orçamento na construção civil é de suma importância, uma vez que possibilita determinar a viabilidade do sistema construtivo antes de iniciar a obra [6]. Dessa forma, a técnica construtiva pré-moldada está cada vez ganhando espaço no mercado da construção civil, devido a segurança, durabilidade, qualidade, modernidade, velocidade de execução, baixo custo, versatilidade, e simplificação de materiais e mão de obra no canteiro de obras. O sucesso deste sistema está diretamente ligado ao aproveitamento total das fôrmas e dos equipamentos e o projeto de implantação ser pensado em conjunto com a logística de produção, estocagem, transporte e montagem dos elementos pré-moldados [7].

A justificativa deste trabalho, se dá pela falta de dados relativos a custo de materiais de diferentes tecnologias empregados na estrutura de uma edificação durante o processo de execução, isto porque os custos são um dos principais responsáveis pela definição dos materiais a serem empregados e a partir deste é possível perceber as vantagens e desvantagens

de cada sistema construtivo, tornando-os viáveis tanto em relação a custo quanto a tempo.

Desta forma se faz importante o presente estudo, de modo a avaliar e comparar através de planilhas orçamentárias a melhor técnica construtiva a ser adotada em casa do tipo popular levando em consideração a viabilidade econômica.

II REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

II.1 SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO MOLDADO “IN LOCO”

A estrutura convencional é formada por vigas, lajes e pilares e são chamados de “trindade de ouro” das edificações construídas com concreto armado moldado “in loco”. É o sistema mais utilizado no Brasil, por ser de fácil execução, onde as paredes servem apenas como vedação [4]. Segundo [9], “o concreto de maneira individual é apontado como um material fraco sendo formado por cimento, agregados miúdos, água, aditivos e grãos. O resultado da união do concreto simples e de barras de aço, denomina-se concreto armado, possibilita ótima aderência entre os dois materiais de modo que ambos resistam aos esforços a que forem submetidos [20]. O sistema convencional baseia-se em corte e armação das ferragens, preparação e montagem das formas, preparação e lançamento do concreto. Para melhor entendimento, formas, armaduras e concreto serão detalhados a seguir.

As madeiras são os principais materiais das formas que darão ao concreto o modelo final. As madeiras são armazenadas no canteiro de obras, são cortadas com auxílio da serra de bancada e montadas nos locais onde receberão as ferragens e o concreto [7]. Segundo [13], as principais funcionalidades das fôrmas são: modelar o concreto, manter o concreto fresco até que tenha resistência necessária para sustentar seu peso próprio ou acrescido e possibilitar a superfície do concreto a textura solicitada.

Sendo assim, a fôrma deve modelar o concreto no final da concretagem, e suportar sendo qual for o elemento estrutural aos esforços locais, acrescidos de material como madeiras, montantes, gravatas e outros que auxiliam no travamento da mesma.

Normalmente, o aço encontrado em obras de pequeno porte é fornecido em barras de 12m, e tomam conta de grande espaço nas obras. É constituído de materiais corrosivos e quando sujeitos a intempéries causam a ferrugem, por esse motivo é necessário cobri-los. Inicialmente, com ajuda do projeto estrutural as barras são cortadas nos tamanhos definidos com uso máquina elétrica (policorte) ou manual. Finalizada esta parte, as barras são dobradas formando estribos e barras longitudinais e com a ajuda de arames faz-se a união, armação, dessas peças.

O aço agrega ao concreto resistência à tração, resultando em um produto resistente aos mais variados tipos de ações atuantes, durável e rígido [11].

II.2 SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO

Segundo [17] o termo pré-fabricação na indústria da construção civil deve ser compreendido como “produção de determinado elemento antes da sua disposição final na obra”. Destaca ainda, que pré-fabricação, generalizando, aplica-se a

toda produção de elementos de construção civil em indústrias, por meio de matérias primas e semi-produtos cuidadosamente selecionados e empregados, sendo, posteriormente, estes elementos levados até à obra onde ocorre a montagem da edificação.

A norma NBR 9062 - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado [1] - determina estrutura pré-fabricada como elemento pré-moldado realizado em indústria, mesmo em instalações temporárias em canteiros de obra, ou em instalações fixas de empresa designada para este fim, que contempla aos requisitos mínimos de mão de obra qualificada, os elementos pré-fabricados devem ser ensaiados e testados quando no recebimento pela empresa.

Os elementos pré-moldados podem ser divididos de vários tipos, como por exemplo, quanto à seção transversal, quanto ao processo de execução, e quanto a sua função estrutural. [7].

- Classificação quanto ao local de produção dos elementos: O pré-moldado de fábrica é aquele executado em instalações que não são da obra. Já o pré-moldado de canteiro é executado em instalações temporárias na própria obra.

- Classificação quanto à categoria do peso dos elementos: Pode-se considerar que o elemento é um pré-moldado “pesado” quando necessitar de equipamentos especiais para transporte e montagem. Em contrapartida, o pré-moldado “leve” é aquele que não necessita de equipamentos especiais para transporte e montagem. Como valores referenciais tem-se que elementos leves pesam até 0,3 KN (30Kgf), elementos de peso médio pesam entre 0,3 e 5KN (30 a 500 Kgf.) e elementos pesados pesam acima de 5KN (500 Kgf.).

- Classificação quanto ao papel desempenhado pela aparência: O pré-moldado normal seria aquele em que não há preocupação alguma em relação à aparência do elemento. Por outro lado, o pré-moldado arquitetônico refere-se a qualquer elemento de forma especial ou padronizada que mediante acabamento, forma, cor ou textura contribui na forma arquitetônica ou em efeito de acabamento da construção.

- Classificação quanto à incorporação de materiais para ampliar a seção resistente no local da utilização em definitivo: O pré-moldado de seção completa é aquele executado de forma que sua seção resistente é formada fora do local de utilização definitivo. Já o pré-moldado de seção parcial é aquele inicialmente moldado apenas com parte da seção resistente final, que é posteriormente completada na posição de utilização definitiva com concreto moldado no local.

De acordo com [7], o sistema pré-moldado, apresenta algumas supostas vantagens e desvantagens.

As principais vantagens do sistema são: Facilidade na elaboração de projetos, em especial na resolução de projetos, melhoria da qualidade dos trabalhos realizados mecanicamente, em comparação com os manuais, melhor aproveitamento das seções resistentes, facilidade para realizar o controle da qualidade, necessidade de menos juntas de dilatação que na construção tradicional, possibilidade de recuperação de elementos ou partes da construção em certas desmontagens, desaparecimento quase total dos cimbramentos e das formas, ocasiona economia de tempo, eleva qualificação de mão de obra e evita improvisação;

As principais desvantagens do sistema são: falta de monolitismo da construção, especialmente nas regiões sísmicas; problemas nas resoluções das juntas, necessidade de superdimensionar certos elementos, considerando situações desfavoráveis durante o transporte ou na montagem, incógnitas quanto a confiabilidade de certos materiais ou sistemas, grandes dificuldades para modificações nas distribuições de espaços fechados, é, em geral, mais cara que a tradicional e o transporte dos produtos é mais caro que o das matérias-primas dos componentes.

III METODOLOGIA

As seções seguintes referem-se a etapas que serão seguidas para alcançar os objetivos propostos. Essas etapas em síntese são:

1. Especificação do Projeto Arquitetônico: consiste na seleção de um projeto arquitetônico de construção civil que atenda aos requisitos propostos por esse trabalho.

2. Elaboração das Planilhas Orçamentárias para Sistema Construtivo in loco: trata do levantamento orçamentário do projeto especificado no sistema construtivo convencional moldado “in loco”.

3. Elaboração das Planilhas Orçamentárias para Sistema Construtivo pré-moldado: trata do levantamento orçamentário do projeto especificado no sistema construtivo em pré-moldado.

4. Comparação dos Custos Orçamentários: trata de avaliar os custos orçamentários dos dois sistemas de construção em análise, comparando os custos e verificando a viabilidade econômica do sistema pré-moldado em relação ao sistema convencional moldado “in loco”.

III.1 ESPECIFICAÇÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

Esta tarefa trata da seleção de um projeto arquitetônico de construção civil que atenda aos requisitos propostos por esse trabalho. Os requisitos são:

- Edificação que permita trabalhar com os dois tipos de estruturas estudadas: estrutura convencional moldada in loco e a estrutura pré-moldada.

- Residência unifamiliar com área máxima de 60,00m²;

- 1 pavimento;

- Quartos, suíte, 2 banheiros, área de serviço, copa/cozinha e sala.

- Localizada na cidade de Manaus, com valores para o bairro da Ponta Negra.

A partir disso, será contatada uma empresa de pré-moldados localizada em Manaus-AM, para fornecer opções de projetos arquitetônicos que melhor atenda aos requisitos estabelecidos neste artigo.

III.2 ELABORAÇÃO DA PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO MOLDADO “IN LOCO”

Inicialmente será realizado o orçamento sintético da edificação, que é o resumo do orçamento analítico expresso através das etapas com valores parciais ou grupos de serviços a serem realizados, com seus respectivos totais e o preço do orçamento da obra. Será acrescentado no orçamento o

Benefícios e Despesas Indiretas (BDI) que é a soma do custo indireto, a margem de risco e a margem de lucro.

O levantamento orçamentário será realizado através dos projetos estruturais cedidos pela empresa. A partir desses projetos serão levantados os quantitativos de cada serviço e posteriormente será utilizado a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) composições/insumos de custo sintético desonerado – AGO/18, para a realização da consulta de preço.

Serão quantificados os serviços referentes à administração da obra, serviços preliminares, infraestrutura, superestrutura (alvenaria). Nessa etapa não será considerada os custos referentes a regularização do terreno, muros, fossa/sumidouro/Estação de tratamento de efluentes (ETE), revestimentos, pavimentação interna e externa, pintura, esquadrias, instalações, cobertura e limpeza.

O resultado dessa etapa consiste na planilha orçamentária da estrutura convencional de concreto armado moldado in “loco” que se encontrará na etapa dos resultados. Será considerado um tempo de 3 meses para a execução.

III.3 ELABORAÇÃO DA PLANILHA ORÇAMENTÁRIA DO SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO

Esta tarefa trata do levantamento orçamentário do projeto tipo esqueleto (infraestrutura e superestrutura) do sistema construtivo pré-moldado, baseado nos projetos estruturais cedidos pela empresa. O projeto é composto por detalhamento de todos os elementos necessários para fabricação e montagem da obra em estudo, os mesmos detalhes e quantidades serão usados para orçamento.

Para o orçamento dessa estrutura será selecionada três empresas de Manaus que trabalham com pré-moldados para cotações com base nos projetos enviados. As etapas a serem cotadas são: administração da obra, serviços pré-liminares, infraestrutura e superestrutura.

Nesta tarefa não serão consideradas os custos referentes a regularização do terreno, muros, fossa/sumidouro/ETE, revestimentos, pavimentação interna e externa, pintura, esquadrias, instalações, cobertura, limpeza, transporte e montagem. Será considerado para este sistema construtivo tempo de execução de 2 meses.

III.4 COMPARAÇÃO E AVALIAÇÃO ORÇAMENTÁRIA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Conhecer e comparar as vantagens e desvantagens faz com que o cliente, projetista e engenheiros de cada especialização específica, possam fazer a melhor escolha para necessidade de sua construção, evitando assim gastos onerosos e cronogramas indistintos, trazendo satisfação para o cliente e resultados positivos para todos envolvidos.

Dessa forma, após a elaboração das planilhas orçamentárias serão avaliados e comparados os custos dos dois sistemas de construção em análise. A diferença entre os valores possibilitará a determinação da viabilidade econômica do sistema pré-moldado em relação ao sistema convencional. Além da comparação de custos que serão encontrados no resultado, serão listados também as vantagens do sistema mais viável.

IV RESULTADOS E DISCUSSÕES

Essa fase do estudo visa expor os resultados do projeto arquitetônico escolhido, orçamento do sistema construtivo convencional, orçamento do sistema construtivo pré-moldado e por fim, comparação dos custos orçamentários juntamente com as vantagens do sistema mais viável.

IV.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

A construtora J Nasser Engenharia, localizada na Av. Tarumã, 1757 - Praça 14 de Janeiro - CEP 69.020-440 - Manaus - Amazonas, forneceu 3 (três) opções de projetos de casas. Dentre as opções somente o modelo tipo Casa POP 02 atendeu aos requisitos estipulados neste trabalho.

O modelo tipo POP 02 consiste de um projeto arquitetônico que pode ser construído tanto em sistema construtivo convencional quanto em estrutura pré-moldada. A planta de situação do projeto está na Figura 1 e o projeto arquitetônico está ilustrado na Figura 2.



Figura 1: Planta de situação Casa Pop 02.

Fonte: Google Earth, (2018).

A edificação tem 59,22 m² de área construída. Para melhor entendimento, a Figura 9 e Anexo C apresenta a planta baixa do empreendimento com as seguintes características:

- Projetado para famílias pequenas;
- Área construída de 59,22 m²;
- 3 Cômodos, sendo uma suíte com 9,00 m² e dois quartos com 9,00 m²;
- 2 banheiros, sendo um com 2,72 m² e o outro com 2,40 m²;
- Área de serviço com 2,52 m²;
- Copa/Cozinha com 9,00 m²;

- Sala com 9,00 m²;
- Área de circulação com 1,43 m²
- Garagem;
- Calçada.

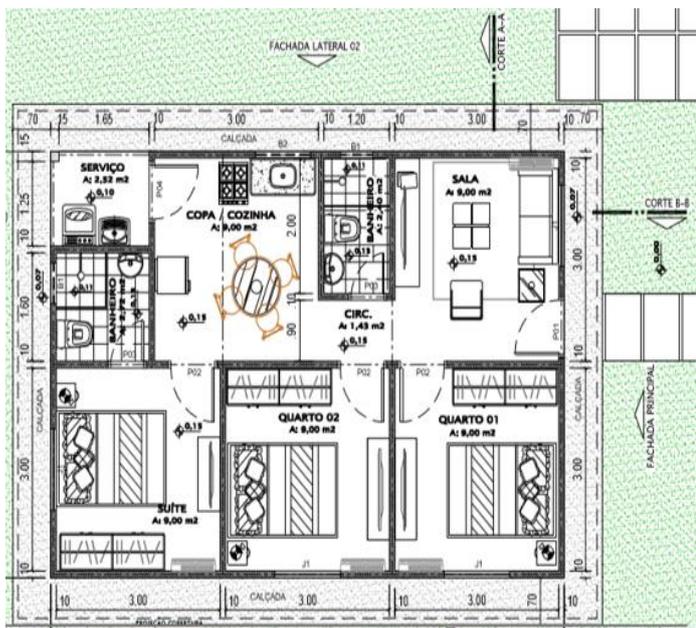


Figura 2: Planta baixa casa Pop 02.
Fonte: J Nasser Engenharia, (2018).

Desta residência foram fornecidos os projetos arquitetônicos e complementares de onde foram extraídas as informações necessárias para a construção do orçamento da estrutura tipo esqueleto da residência.

Com o resultado final das planilhas orçamentárias, poderá, portanto, indicar qual a melhor e a mais indicada na execução deste projeto em termos de custos e prazos.

IV.2 ORÇAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO MOLDADO “IN LOCO”

Para a elaboração do orçamento, realizou-se o levantamento dos quantitativos de escavação, apiolamento de fundo de valas, lastro de concreto, fôrmas, armação de aço, concreto e alvenaria. Todos esses levantamentos foram retirados do projeto estrutural.

Apesar do SINAPI ter sido elaborado como um banco de dados para elaboração de orçamentos de referência de obras públicas, ele também é uma excelente ferramenta para a elaboração de orçamentos de obras de engenharia civil para clientes privados.

Todos os custos foram orçados com índices de BDI (Bonificação e despesas indiretas), os quais foram acrescentados 28,82% relativo à edificação. Com os dados levantados foi montada a tabela orçamentária de acordo com a tabela do SINAPI, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Orçamento baseado na tabela SINAPI.

| Cód. | Serviço | Un. | Quant. | Custo com BDI 28.82% | Custo Total (R\$) | Custo total em % | Total por item | Custo total em % |
|--------------------------|--|-----|---------|----------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|
| Administração da obra | | | | | | | 28.463,82 | 48,85 |
| 002706 | Engenheiro civil | H | 60,00 | 92,58 | 5.554,98 | 9,53 | | |
| 040819 | Mestre de obra | M | 3,00 | 7636,28 | 22.908,85 | 39,32 | | |
| Serviços preliminares | | | | | | | 643,88 | 1,10 |
| 73992/001 | Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 1,50m, sem reaproveitamento | M² | 59,220 | 10,87 | 643,86 | 1,10 | | |
| Infraestrutura | | | | | | | 13.371,86 | 22,95 |
| 093358 | Escavação manual de vala com profundidade menor ou igual a 1,30 m | M³ | 10,98 | 74,65 | 819,67 | 1,41 | | |
| 94097 | Apiolamento de fundo de vala | M² | 46,45 | 5,49 | 254,91 | 0,44 | | |
| 095241 | Lastro de concreto magro, aplicado em pisos ou radiers, espessura de 5 cm | M² | 46,45 | 28,33 | 1315,81 | 2,26 | | |
| 096533 | Fabricação, montagem e desmontagem de fôrma para viga baldrame, em madeira serrada, e=25 mm, 2 utilizações | M² | 27,00 | 71,61 | 1933,50 | 3,32 | | |
| 092778 | Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço ca-50 de 10,0 mm - montagem | Kg | 335,00 | 10,22 | 3422,17 | 5,87 | | |
| 094965 | Concreto fck = 25mpa, traço 1:2.3:2.7 (cimento/ areia média/ brita 1)- preparo mecânico com betoneira 400 l | M³ | 10,98 | 480,72 | 5278,28 | 9,06 | | |
| 92874 | Lançamento com uso de bomba, adensamento e acabamento de concreto em estruturas | M³ | 10,98 | 31,85 | 347,53 | 0,60 | | |
| Supraestrutura | | | | | | | 8.529,24 | 14,64 |
| 092269 | Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em madeira serrada, e=25 mm | M² | 51,00 | 68,17 | 3478,75 | 5,97 | | |
| 092778 | Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço ca-50 de 10,0 mm - montagem | Kg | 304,00 | 10,22 | 3105,49 | 5,33 | | |
| 094965 | Concreto fck = 25mpa, traço 1:2.3:2.7 (cimento/ areia média/ brita 1)- preparo mecânico com betoneira 400 l | M³ | 3,80 | 480,72 | 1828,73 | 3,13 | | |
| 92874 | Lançamento com uso de bomba, adensamento e acabamento de concreto em estruturas | M³ | 3,80 | 31,85 | 120,27 | 0,21 | | |
| Alvenaria | | | | | | | 7.260,27 | 12,46 |
| 087478 | Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na vertical de 9x19x39cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual | M² | 162,000 | 44,82 | 7260,27 | 12,46 | | |
| Total do Orçamento (R\$) | | | | | | | 58.286,06 | 100,00 |

Fonte: Autores, (2018).

O orçamento do projeto do sistema construtivo convencional tem como custo de administração da obra R\$28.463,82, que corresponde 48,85% do custo total da obra;

os serviços preliminares R\$ 643,86, que corresponde a 1,10%; a infraestrutura R\$ 13.371,86, que corresponde a 22,95%; a superestrutura R\$ 8.529,24, que corresponde a 14,64% e a alvenaria R\$7.260,27, que corresponde a 12,46%. Seu valor final orçado é de R\$ 58.269,06 (cinquenta e oito mil, duzentos e sessenta e nove reais e seis centavos), já incluso o BDI de 28,82%.

IV.3 ORÇAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO PRÉ-MOLDADO

O orçamento do sistema pré-moldado foi composto por duas partes: verificação de quantitativos da obra e a pesquisa de preço no mercado. A partir do projeto estrutural fornecido pela empresa, foi realizado o quantitativo de escavação, apiolamento de fundo de valas, concreto magro, fôrmas metálicas, armação de aço, concreto e tela de aço. Todos esses levantamentos foram retirados do projeto estrutural. Na Tabela 2, estão a quantidade de material levantados bem como o quantitativo da administração da obra, serviços de transporte e mão de obra para montagem.

Tabela 2: Quantitativo de serviços da estrutura pré-moldada

| Referência | Serviço | Un. | Quant. |
|------------|---|----------------|--------|
| 01.01 | Administração da obra | | |
| 01.01.01 | Engenheiro supervisor | H | 30,00 |
| 01.01.02 | Mestre de obra | Mês | 2,00 |
| 02.01 | Serviços preliminares | | |
| 02.01.01 | Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 1,50m, sem reaproveitamento | m ² | 59,220 |
| 02.02 | Infraestrutura - (Estacas e Baldrames) | | |
| 02.02.01 | Escavação manual - estacas ø30cm e valas para baldrames | m ² | 10,98 |
| 02.02.02 | Apiolamento de fundo de valas | m ² | 46,45 |
| 02.02.03 | Concreto magro esp. = 5cm | m ² | 2,32 |
| 02.02.04 | Fôrma metálica | m ² | 25,76 |
| 02.02.05 | Armação - aço ca - 50 /ca - 60 | Kg | 335,00 |
| 02.02.08 | Concreto estrutural fck= 25mpa, preparação, lançamento e adensamento | m ² | 10,30 |
| 02.03 | Superestrutura - (pilares e placas das paredes) | | |
| 02.03.01 | Fôrma metálica | m ² | 170,17 |
| 02.03.02 | Armação - aço ca - 50 /ca - 60 | Kg | 280,00 |
| 02.03.03 | Tela de aço q-61 | Kg | 295,40 |
| 02.03.04 | Concreto estrutural fck= 25mpa, usinado e bombeado com lançamento e adensamento | m ² | 12,43 |

Fonte: Autores, (2018).

Para a realização da pesquisa de preço, foi enviado para as três empresas os quantitativos levantados de acordo com a Tabela 2. A Tabela 3 apresenta os valores dos custos totais orçados pelas empresas.

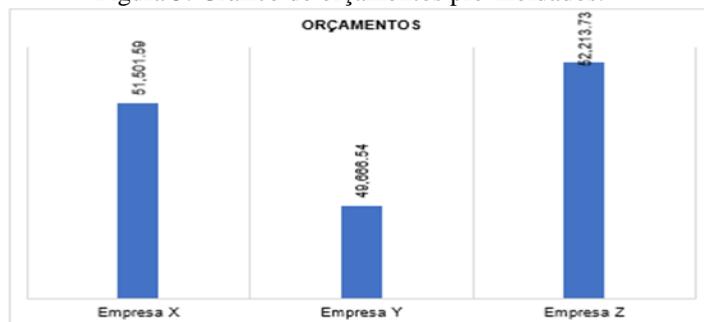
Tabela 3: Orçamento das empresas.

| EMPRESA | PREÇO TOTAL |
|---------|---------------|
| X | R\$ 51.501,59 |
| Y | R\$ 49.666,54 |
| Z | R\$ 52.213,73 |

Fonte: Autores, (2018).

Logo, percebe-se que os valores diferem um pouco entre si sendo que o maior valor é da empresa Z com R\$ 52.213,73 e o menor valor da empresa Y com R\$ 49.666,54, tendo uma diferença entre os mesmos de R\$ 2.547,19. Na Figura 3, mostra melhor os resultados.

Figura 3: Gráfico de orçamentos pré-moldados.



Fonte: Autores, (2018).

Dessa forma, foi utilizado o orçamento da empresa Y, conforme Tabela 4, cujo o valor foi menor.

Tabela 4: Orçamento da empresa Y.

| Serviço | Un. | Quant. | Custo com BDI 28,82% | Custo Total (R\$) | Custo Total em % | Total por item | Custo Total em % |
|---|----------------|--------|----------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|
| Administração da obra | | | | | | 11.467,84 | 23,09 |
| Engenheiro supervisor | H | 30,00 | 46,84 | 1.405,17 | 2,48 | | |
| Mestre de obra | Mês | 2,00 | 5031,34 | 10.062,67 | 17,76 | | |
| Serviços preliminares | | | | | | 643,86 | 1,30 |
| Locação convencional de obra, através de gabarito de tábuas corridas pontaleadas a cada 1,50m, sem reaproveitamento | m ² | 59,220 | 10,87 | 643,86 | 1,14 | | |
| Infraestrutura - (Estacas e Baldrames) | | | | | | 13.730,15 | 27,64 |
| Escavação manual - estacas ø30cm e valas para baldrames | m ² | 10,98 | 33,80 | 371,12 | 0,65 | | |
| Apiolamento de fundo de valas | m ² | 46,45 | 18,61 | 864,43 | 1,53 | | |
| Concreto magro esp. = 5cm | m ² | 2,32 | 396,50 | 920,87 | 1,63 | | |
| Fôrma metálica | m ² | 25,76 | 61,94 | 1595,57 | 2,82 | | |
| Armação - aço ca - 50 /ca - 60 | Kg | 335,00 | 10,40 | 3484,00 | 6,15 | | |
| Concreto estrutural fck= 25mpa, preparação, lançamento e adensamento | m ² | 10,30 | 630,50 | 6494,15 | 11,46 | | |
| Superestrutura - (pilares e placas das paredes) | | | | | | 23.824,68 | 47,97 |
| Fôrma metálica | m ² | 170,17 | 61,84 | 10523,31 | 18,57 | | |
| Armação - aço ca - 50 /ca - 60 | Kg | 280,00 | 10,40 | 2912,00 | 5,14 | | |
| Tela de aço q-61 | Kg | 295,40 | 8,64 | 2552,26 | 4,50 | | |
| Concreto estrutural fck= 25mpa, usinado e bombeado com lançamento e adensamento | m ² | 12,43 | 630,50 | 7837,12 | 13,83 | | |
| Total do Orçamento (R\$) | | | | | | 49.666,54 | 100,00 |

Fonte: Autores, (2018).

O orçamento do projeto do sistema construtivo pré-moldado tem como custo de administração da obra R\$11.467,84, que corresponde 23,09% do custo total da obra; os serviços preliminares R\$ 643,86, que corresponde a 1,30%; a infraestrutura R\$ 13.730,15, que corresponde a 27,64% e superestrutura R\$ 23.824,68, que corresponde a 47,97%. Seu valor final orçado é de R\$ 49.666,54 (quarenta e nove mil, seiscentos e sessenta e seis reais e cinquenta e quatro centavos), já incluso o BDI de 28,82%.

IV.4 COMPARAÇÃO E AVALIAÇÃO ORÇAMENTÁRIA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

A partir dos orçamentos realizados para os dois estudos de caso pode-se realizar um comparativo entre as estruturas estudadas.

De acordo com a Tabela 5, é possível levantar o resultado de custos referentes a administração da obra, serviços preliminares. Infraestrutura, superestrutura e alvenaria dos dois sistemas de construção. A Tabela 5 mostra também as diferenças entre o custo total de cada serviço.

Tabela 5: Comparação global dos custos

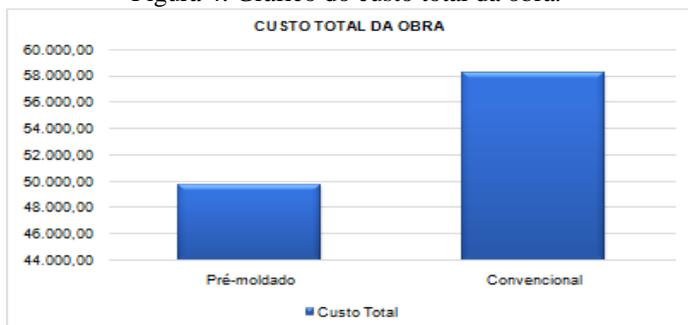
| | Administração da obra (R\$) | Serviços Preliminares (R\$) | Infraestrutura (R\$) | Superestrutura e Alvenaria (R\$) | Total (R\$) |
|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------------|-------------|
| Pré-moldado | 11.467,84 | 643,86 | 13.730,15 | 23.824,68 | 49.666,54 |
| Convencional | 28.463,82 | 643,86 | 13.371,86 | 15.789,51 | 58.269,06 |
| Diferença (R\$) | 16.995,98 | 0,00 | 358,29 | 8.035,17 | 8.602,52 |
| Diferença (%) | 59,71% | 0,00% | 2,61% | 33,72% | 14,76% |
| Diferença Total (%) | 14,76% | | | | |

Fonte: Autores, (2018).

Como resultado, o sistema construtivo convencional tem maior custo no item de administração da obra, isso se deve pelo fato de demandar mais tempo para a construção da residência, resultando assim em maior gasto com profissionais. O sistema construtivo pré-moldado tem maior custo no serviço de superestrutura, pois nesse caso também são fabricadas as placas das paredes, diferente do sistema convencional, onde a vedação das paredes é realizada por tijolos cerâmicos. Em termos de custo e prazo o sistema melhor para execução é o pré-moldado.

Assim, verifica-se que se a obra fosse realizada no sistema pré-moldado teria um custo de R\$ 49.666,54 e no sistema convencional teria um custo de R\$ 58.269,06. A Figura 4 mostra a diferença de custo total da obra.

Figura 4: Gráfico do custo total da obra.



Fonte: Autores, (2018).

A diferença entre os dois sistemas é de R\$ 8.602,52, e equivale a uma economia de 14,76% no orçamento

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o sistema pré-moldado tem sua viabilidade favorável na

construção de casas unifamiliares e traz uma economia em torno de 14% a 15% no orçamento geral.

Sendo assim, constata que para esse projeto o sistema pré-moldado além de ser o mais barato apresenta algumas vantagens sobre o sistema convencional, sendo que esse método é a direção mais certa para atingir a redução de custos.

Dentre as principais vantagens destacam-se:

Maior Produção: esse sistema permite uma produção em série, obtendo equipamento avançados que possibilitam a fabricação e a montagem da obra em intervalo de tempo menor quando comparada com a convencional.

Reutilização de Fôrmas: uma vez adquirida as formas, estas podem ser reaproveitadas várias vezes, resultando assim em menor quantidade de resíduos gerados pela obra.

Rapidez de construção (montagem): quando a etapa construtiva da obra, segue detalhadamente informações do projeto, o produto resulta em uma construção de ótima qualidade e a montagem das peças, se torna muito mais eficaz e têm-se um ganho significativo na velocidade de construção.

O sistema pré-moldado é conveniente e seguro, entretanto suas particularidades devem ser analisadas antes de sua escolha. Esse tipo de sistema requer uma mão de obra especializada e treinada e os projetos devem ser seguidos fielmente para reduzir falhas e custos.

V CONCLUSÃO

O presente trabalho consistiu na análise da viabilidade econômica do sistema construtivo pré-moldado para a construção de residências unifamiliares. Para isto, um projeto de casa unifamiliar foi especificado e estimado seus custos de construção, tanto para sistema convencional quanto para o sistema pré-moldado. Através de uma análise comparativa, constatou-se que a viabilidade econômica da construção de uma casa é favorável para o sistema pré-moldado e que é possível atingir uma economia no orçamento entorno de 14% a 15% em relação ao sistema convencional de construção.

Além disso, verificou-se que o sistema pré-moldado apresenta muitas vantagens e benefícios, e que projetos baseados neste sistema podem ser competitivos no mercado de construção civil.

Para trabalhos futuros podem ser direcionados a avaliar a viabilidade econômica de projetos de casas com mais de um pavimento, prédios, hospitais e escolas. Dessa maneira, novas informações dos benefícios desse tipo de sistemas podem contribuir na modernização da indústria da construção civil.

VI AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar para um melhor aprendizado em especial a minha orientadora, Bruna Matuti, que contribuiu para a conclusão deste trabalho.

VII REFERÊNCIAS

[1] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR-9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado**. Rio de Janeiro, 1985.

- [2] Avila, A. V.; Jungles, A. E. **Gerenciamento na construção civil**. Chapecó: Editora Argos, 200.
- [3] Bortolon, Mariela. **Estudo sobre alternativas construtivas técnicas e econômicas para uma edificação da Unijuí no campus Panambi**. Dissertação (Graduação) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2004.
- [4] Botelho, Manoel Henrique Campos. **Concreto armado, eu te amo, para arquitetos**. 1ed, São Paulo, Ed. Edgar Blucher, 2006.
- [5] Carvalho, Roberto Chust; Figueiredo, Jasson Rodrigues. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**. Vol 2 3ed, São Paulo, EdUSCar, 2010.
- [6] Castilho, V.C. **Análise estrutural de painéis de concreto pré-moldado considerando a interação com a estrutura principal**. 2008. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2008.
- [7] El Debs, Mounir Khalil. (2000). **Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações**. São Carlos. Escola de Engenharia de São Carlos/USP – projeto REENGE.
- [8] Halpin, D. W; Woodhead, R. W. **Administração da Construção Civil**. LTC, 2. ed. Tradução de: Construction management. Rio de Janeiro, 348p. 2014.
- [9] Hansen, Carlos Christian. **Estudo comparativo entre estruturas de aço e de concreto armado para a execução de uma ampliação de um caso real**. 2016. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia da Universidade de Santa Cecília, Santos, 2016.
- [10] Mattos, A. D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. 1. ed. São Pulo: Editora Pini, 2006.
- [11] Melhado, Silvio Burrattino; Barros, Mercia Maria S. Bottura. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo. Projeto EPUSP/SENAI, 1998.
- [12] Pagoto, Marcos Vínicius. **Avaliação dos aspectos técnicos e econômicos entre estruturas pré-fabricadas e moldadas in loco**. Dissertação (Graduação) – Universidade Tecnológica do Paraná. Pato Branco, 2013.
- [13] Pederiva, Paulo Fernando. (2009). **Comparação dos custos envolvidos na construção de pavilhões com estruturas pré-moldadas e moldadas in loco**. Disponível em: http://www.projetos.unijui.edu.br/petegc/wp-content/uploads/2010/03/TCC-Paulo_Fernando-Pederiva-J%C3%BAnior.pdf, acessado em 01/10/2018, às 21:02.
- [14] PREMONTA. **Vantagens e Desvantagens na Utilização do Aço Estrutural**. Disponível em: <http://premonta.com.br/vantagens-e-desvantagens-na-utilizacao-do-aco-estrutural/>. Acesso em: 07 out. 2018. 19:36.
- [15] Sabbatini, F. H. **Alvenaria Estrutural Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Brasília: CEF, 2002.
- [16] Santana, Bruno Alves. **Cronograma físico financeiro de uma obra vertical: elaboração, acompanhamento da execução e análise crítica**. Dissertação (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.
- [17] Serra, S. M. B., Ferreira, M. de A., Pigozzo, B. N. **Evolução dos Pré-fabricados de Concreto**. 1 ° Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado. v.1, 2005.
- [18] SINAPI. **Tabelas de composições e insumos sintético desonerado**. Amazonas. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_640, acessado em 01/10/2018, às 21:02.
- [19] Soares Carlos B. **Noções sobre Instrumentos para Programação e Gerenciamento de Obras Voltados aos Custos dos Empreendimentos**. Florianópolis, 1996. Disponível em: <http://www.ufsc.br/> Acesso em: 12 ago. 2003.
- [20] Souza, F. R. **A gestão do processo de projeto em empresas incorporadoras e construtoras**. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.