



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ANTONIO WALASON PAIVA DE SÁ

**MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO DE FÔRMAS PARA PAREDES DE CONCRETO
ARMADO**

FORTALEZA

2022

ANTONIO WALASON PAIVA DE SÁ

MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO DE FÔRMAS PARA PAREDES DE CONCRETO
ARMADO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)
apresentado ao curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Christus, como requisito
parcial para obtenção do título de bacharel
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Francisco Rosendo
Sobrinho.

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Sá, Antonio Walason Paiva de.

Método de otimização de fôrmas para paredes de concreto armado / Antonio Walason Paiva de Sá. - 2022.

65 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Me. Francisco Rosendo Sobrinho.

1. Padronização de fôrmas metálicas . 2. Fôrma universal . 3. Fôrma para painel de concreto. 4. Painéis pré-fabricados. I. Título.

CDD 624

ANTONIO WALASON PAIVA DE SÁ

MÉTODO DE OTIMIZAÇÃO DE FÔRMAS PARA PAREDES DE CONCRETO
ARMADO

TCC apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Nelson de Oliveira Quesado Filho e Prof. M. Sc. Francisco Rosendo Sobrinho

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M. Sc. Francisco Rosendo Sobrinho
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. M. Sc Marisa Teófilo Leitão
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

-
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

AGRADECIMENTOS

A Deus por me dar saúde e força para superar as dificuldades.

Ao Centro Universitário Christus, seu corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro, baseados na confiança, mérito e ética.

Ao professor M. Sc. Nelson de Oliveira Quesado Filho, pela orientação até o desenvolvimento dos resultados e ao Prof. M. Sc. Francisco Rosendo Sobrinho pela segunda orientação até conclusão do trabalho, apoio e confiança de ambos.

Aos meus pais, Xexeu e Deuza, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

A minha namorada, Ariane, que é sempre meu amparo, que me ajuda e incentiva em todos os projetos da minha vida. E aos Engenheiros Felipe e Vitti pelo incentivo e apoio.

Agradeço aos professores Prof. M. Sc Marisa Teófilo Leitão pela participação na banca e por todas as orientações passadas.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Diversos modelos construtivos sofrem mudanças continuamente para atender as necessidades de uma obra dentro da construção civil. Nesse sentido, algumas etapas em empreendimentos são reformuladas para proporcionar uma maior viabilidade que agregue tanto no valor final de uma obra quanto na segurança do empreendimento. Sendo a indústria da construção civil uma das maiores pioneiras do mercado brasileiro, há preocupação quanto alguns métodos construtivos. Portanto, este trabalho tem o objetivo de propor um método de otimização de fôrmas aplicados a estruturas pré-fabricadas em concreto armado. Para isso, foi feito a análise e estudo das fôrmas convencionais na literatura para o levantamento de informações necessárias, e um estudo de campo na Empresa A que trabalha com o sistema pré-fabricado. Com isso, através do método *Design Thinking* foi feito o levantamento das problemáticas tanto na revisão literária quanto em entrevistas com os profissionais envolvidos da Empresa A. Com todas as informações levantadas e os problemas destacados, foi desenvolvido através do método uma idealização viável para um novo modelo de fôrma na confecção de painéis e lajes, com isso foi escolhido o material metálico (Metalon) devido a sua vida útil elevada, e para uma maior flexibilidade de projetos foi idealizado que essas fôrmas terão suas extremidades livres, sendo que terão peças complementares para fazer amarrações nesses locais para impossibilitar seus movimentos. Com o auxílio da Empresa A foi executado a fabricação de um protótipo em campo. Os resultados indicaram uma vantagem na flexibilidade de projetos, dessa forma o protótipo pôde ser reutilizado em um painel com dimensões diferentes. Contudo, a fôrma universal teve resultados positivos devido sua flexibilidade, viabilizando-a em obras de grande escala pela sua alta quantidade de utilização.

Palavras-chave: Padronização de fôrmas metálicas. Fôrma universal. Fôrma para painel de concreto. Painéis pré-fabricados.

ABSTRACT

Several constructive models undergo changes continuously to meet the needs of a work within the civil construction. In this sense, some stages in projects are reformulated to provide greater viability that adds both to the final value of a work and to the safety of the project. Since the construction industry is one of the biggest pioneers in the Brazilian market, there is concern about some construction methods. Therefore, this work aims to propose a formwork optimization method applied to prefabricated reinforced concrete structures. For this, an analysis and study of conventional forms in the literature was carried out to gather the necessary information, and a field study was carried out at Company A that works with the prefabricated system. Thus, through the *Design Thinking* method, a survey of the problems was carried out both in the literary review and in interviews with the professionals involved in Company A. With all the information collected and the problems highlighted, a viable idealization was developed through the method for a new formwork model in the manufacture of panels and slabs, with that the metallic material (Metalon) was chosen due to its high useful life, and for greater flexibility of projects it was idealized that these forms will have their ends free, and they will have complementary parts to to make lashings in these places to make it impossible for them to move. With the help of Company A, a prototype was manufactured in the field. The results indicated an advantage in project flexibility, so the prototype could be reused in a panel with different dimensions. However, the universal formwork had positive results due to its flexibility, making it viable in large-scale works due to its high amount of use.

Keywords: Standardization of metallic forms. Universal shape. Formwork for concrete panel. Prefabricated panels.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1 Objetivos	9
1.1.1 <i>Objetivo geral</i>	9
1.1.2 <i>Objetivos específicos</i>	9
1.2 Justificativa	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Contextualização do Sistema de Fôrmas	11
2.1.1 <i>Histórico</i>	13
2.2 Locais de Utilização das Fôrmas.	14
2.3 Características do Sistema de Fôrmas	17
2.4 Tipos de Fôrmas	18
2.4.1 <i>Fôrma de madeira</i>	19
2.4.2 <i>Fôrma mista</i>	20
2.4.3 <i>Fôrma plástica</i>	21
2.4.3 <i>Fôrma metálica</i>	23
2.4.4 <i>Fôrma de papelão</i>	24
2.5 Cuidados na Montagem das Fôrmas	24
2.5.1 <i>Travamento</i>	26
2.5.2 <i>Escoramento</i>	27
2.6 Cuidado Durante a Concretagem	28
2.7 Cuidados na Retirada das Fôrmas	30
2.8 Reutilização de Fôrmas	31
2.9 Vantagens e Desvantagens	31
2.9.1 <i>Vantagens</i>	32
2.9.2 <i>Desvantagens</i>	32
2.10 Fatores de Escolha	33

2.11 Design Thinking	34
2.11.1 Empatia (imersão)	35
2.11.2 Definição dos problemas	35
2.11.3 Idealização	36
2.11.4 Protótipo	36
2.11.5 Teste	36
3 METODOLOGIA	37
3.1 Classificação da Pesquisa	37
3.2 Método de Otimização do Sistema de Fôrm	38
3.2.1 Imersão	38
3.2.2 Definição dos problemas	38
3.2.3 Idealização	39
3.2.4 Protótipo	39
3.2.5 Teste	40
3.2 Estudo de Caso	40
4 RESULTADO E DISCURSÕES	41
4.1 Imersão	41
4.2 Definição de Problemas	45
4.3 Idealização	47
4.4 Protótipo	51
4.5 Teste	55
5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	60
5.1 Conclusão.	60
5.2 Recomendações Para Trabalhos Futuros.	61
REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

A industrialização no meio da construção civil, faz permitir que dentro do canteiro de obra tenha certas etapas de produção bem controladas, evitando transtorno (LESSING; STEHEN; EKHHOLM, 2005 *apud* HOFFMAN *et al* 2020). Essa industrialização, pode ser empregada em fases diferentes de uma construção, seja qual for, fazendo com que tenha ganhos, tanto em custos, quanto na produtividade (SHAHZAD, 2015 *apud* SENGER e SANTOS 2020). Segundo Alberto *et al* (2017), para esse modelo construtivo, usa-se as fôrmas para auxiliar na produção de paredes de concreto armado.

Com essa premissa, de acordo com Valentini (2018), quando o assunto é a escolha do tipo de fôrma a ser utilizada, a empresa se baseia apenas em sua cultura ou do próprio comodismo (apesar de ter um valor final significativo na obra), sendo que poderiam usufruir de informações técnicas mais aprofundadas. Para Queiroz (2019), na utilização de fôrmas dentro da construção civil, observa-se alguns problemas que podemos citar como a falta de versatilidade na alteração de projetos ou custos iniciais elevados. De acordo com Santos, E. (2013), tem-se um outro tipo de problema que podemos destacar, pois esse sistema só é viável em uma produção repetitiva em grande escala.

Com o avanço tecnológico e o domínio da fabricação de materiais metálicos e plásticos, a otimização das fôrmas está ganhando ênfase, pois as empresas precisam manter-se competitivas, diminuindo os custos e melhorando a qualidade final (BARROSO, 2018).

De acordo com Nakamura (2009, *apud* ALVES, 2015, pag. 13), quando o assunto abordado é projetos de fôrmas, temos uma grande escassez de engenheiros que dominam o assunto, mesmo sabendo que o concreto é um material muito utilizado na parte estrutural em obras no Brasil.

Segundo Zorzi (2015, *apud* SIMÕES E PINHEIRO, 2017b, pag. 1), tem-se dados que mostram a importância do estudo desse sistema, confirmando que o mesmo chega a cerca de 60% do valor de sua estrutura e como mencionado

anteriormente, falando de preço final da obra, seu valor gira em torno de 5% a 8%. Tal relevância mostra a importância de seu estudo.

Ainda, muitos são os tipos de sistema de fôrmas, sendo esse um dos fatos que influenciam no preço e qualidade da obra. Para tal sistema foi identificado alguns problemas, eles podem ser minimizados, fazendo estudos mais detalhados e tendo um foco maior nesse ponto da construção civil. Pode ser citada algumas perguntas para o sistema em questão como: Pode ser estudado e desenvolvido algum outro tipo de sistema de fôrma que seja mais viável do que as mais utilizadas? Para tal sistema, quais os comparativos que influenciam em sua escolha?

1.1 Objetivos

O objetivo geral e os objetivos específicos que será desenvolvido nesse trabalho são:

1.1.1 *Objetivo geral*

O objetivo geral do seguinte trabalho é propor um método de otimização de fôrmas aplicados a estruturas pré-fabricadas em concreto armado.

1.1.2 *Objetivos específicos*

- Identificar os requisitos de desempenho desejáveis dos sistemas de fôrmas.
- Associar os requisitos de desempenho de fôrmas às soluções existentes/inexistentes.
- Utilizar a metodologia *Design Thinking* para propor um método de otimização de sistema de fôrma.
- Validar esse método do sistema de fôrma em estudo de caso.
- Avaliar e criticar o resultado da aplicação do método de estudo de caso.

1.2 Justificativa

Para a contextualização do tema, foi estudado através de outros artigos algumas análises sobre o assunto, além de fazer também um estudo de campo e experimental para apresentação de resultados. Com isso, será identificado informações adicionais para o estudo, agregando-os no trabalho.

Considerando os problemas identificados, este trabalho se objetiva propor um método de otimização de fôrmas para construção civil, esse método será aplicado em uma empresa que usufrui do sistema de pré-fabricado na construção civil de maneira a avaliar sua operacionalização. Com isso, realiza-se um comparativo entre os sistemas convencionais de fôrmas de concreto e da aplicação do método analisado nesse trabalho, tomando como base uma empresa denominada como "A".

A empresa citada trabalha com o sistema pré-fabricados, confeccionando fôrmas para posteriormente fazer painéis (paredes) de concreto armado, pilares, lajes e empenas. Para isso é imprescindível ter um local para tal serviço, ou seja, primeiramente é necessário fazer uma pista (radier) que tem por finalidade ser usado como piso, local onde são fabricados os painéis.

Para confecção das fôrmas a empresa utiliza metalon de diferentes tamanhos e espessuras, aos quais o soldador molda (cortando os metalons de acordo com o projeto e soldando suas extremidades, fazendo assim, a fôrma que será utilizada para fazer a estrutura em questão) que em seguida é levado para a pista. Logo, é inserido telas, treliças e esquadrias se necessário e posteriormente é feito a concretagem com ou sem aditivo. No dia seguinte é retirado as fôrmas e feito uma limpeza adequada para sua reutilização.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Contextualização do Sistema de Fôrmas

Dentro da construção civil existem vários sistemas, sendo que um deles é o que chamamos de ‘sistema de fôrmas’, segundo Toth e Dumarco (2019), quando o assunto em questão são estruturas de concreto, as fôrmas têm uma importância notória devido seus pontos positivos que serão citados no decorrer desse trabalho.

O objetivo dessas fôrmas é fazer uma modelagem do concreto fresco, sendo assim, o concreto ficará no formato exato que se encontra a fôrma, elas são retiradas com um determinado tempo, ou seja, essas fôrmas não ficam na estrutura, elas são provisórias, (REIS, 2019). Como na Figura 1 é mostrado esse sistema de fôrma em uma determinada etapa da obra.

Figura 1 – O Sistema de Escoramento Metálico de Vigas BKS



Fonte: BKS (2021)

De acordo com Cambraia (2017a, pag. 21), essa “fôrma tem como objetivo moldar o concreto fresco e é composto de estruturas provisórias”. Logo, essas fôrmas são retiradas após a secagem do concreto, fazendo com que suas

faces fiquem lisas, deixando-as moldadas de acordo em que se encontra o modelo da fôrma, podendo ter vários formatos.

Segundo Borba (2020), elas são manipuladas para obter no interior de seu formato, o concreto e a armadura (feita de aço no interior da estrutura de concreto) que são elementos estruturais. É explícito a importância da utilização das fôrmas quando estamos falando de concreto, tanto na execução (facilidade de moldar o concreto), quanto nos custos das estruturas Santos, M. *et al* (2018). Como visto, essas fôrmas tem um papel notório na construção civil, trazendo facilidade no momento de lançar um concreto.

Para mais uma demonstração do uso de sistemas de fôrmas e um melhor entendimento do assunto, a Figura 2 é um exemplo de fôrmas dentro da construção civil. Logo, é observado que podemos usar esse sistema em várias etapas dentro de qualquer obra.

Figura 2 – Fôrma para viga-baldrame



Fonte: Faz fácil (2012)

Na Figura 3 observa-se uma fôrma para confecção de uma viga baldrame, após sua montagem, será feito a colocação adequada das armaduras e logo após isso a concretagem. Como mencionado anteriormente, com um

determinado tempo após o despejo do concreto, essa fôrma será removida e esse concreto fresco ficará no formato em que se encontrava a fôrma, como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Viga baldrame

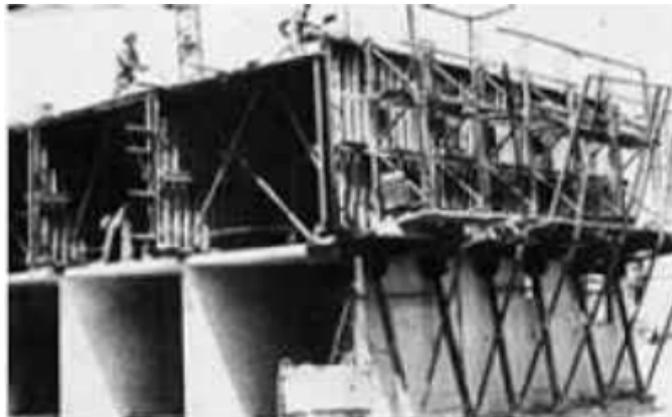


Fonte: Chalé de madeira (2021).

2.1.1 Histórico

Para Macêdo (2016 pag. 28, apud BORGES, M.,2020, pag. 28), era comum encontrar em grandes canteiros por volta da década de 70 e 80 a utilização de fôrmas metálicas em paredes de concreto convencional, pode-se visualizar na Figura 4 a utilização de fôrmas metálicas na empresa francesa Outinord para gerar o formato de um túnel.

Figura 4 – Fôrma em formato de túnel – Outinord



Fonte: Braguim (2013, apud BORGES, M., 2020 pag. 28).

2.2 Locais de Utilização das Fôrmas.

As fôrmas têm dentro da construção civil um amplo uso e nesse capítulo será apresentado alguns locais que geralmente elas são empregadas, com isso a Figura 5 traz uma demonstração da utilização de uma fôrma de madeira para confecção de um pilar dentro da própria obra, logo é visto vários componentes de madeira nesse sistema, os quais auxiliam na vedação, apoio e resistência.

Figura 5 – Fôrma para confecção de pilar



Fonte: Habitissimo (2009).

Para a fabricação de uma laje nervurada, como mostrado na Figura 6, é usado fôrmas plásticas e escoras metálicas, sendo que após a concretagem e secagem do concreto, pode-se retirar essas fôrmas.

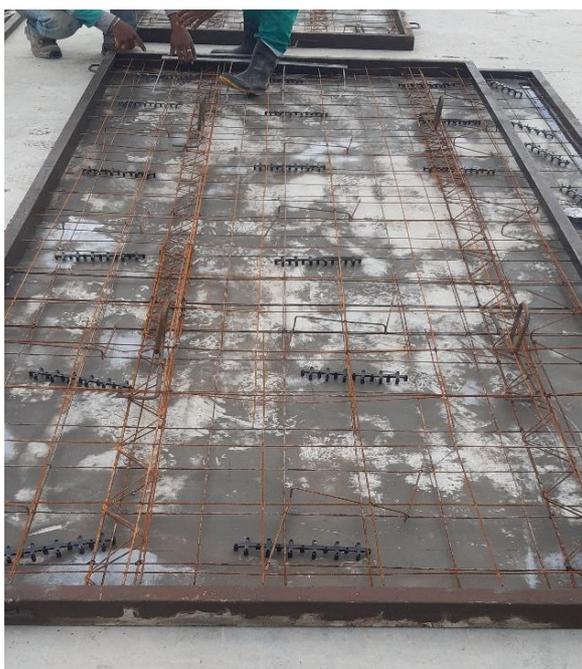
Figura 6 – Fôrmas para lajes nervuradas



Fonte: Ulma (2018).

Na Figura 7 é exibido uma fôrma metálica, que em seu interior já se encontra telas, treliças e espaçadores para receber o concreto. Essa estrutura foi realizada em um sistema de pré-fabricados.

Figura 7 – Fôrma de laje pré-fabricada



Fonte: Autoria própria (2021).

Na Figura 8 temos mais um uso de sistema de fôrma para a confecção de uma escada em concreto, esse ao qual é usado a madeira como material.

Figura 8 – Fôrma para escada de concreto



Fonte: Decorexpro (2019).

A Figura 9 traz uma utilização importante em uma etapa da construção civil, que são as vigas, elemento necessário para o equilíbrio de estruturas aperticadas.

Figura 9 – Sistema de fôrma para viga



Fonte: Scora e Fôrma (2021).

2.3 Características do Sistema de Fôrmas

De acordo com a ABNT (NBR 15696, 2009), as fôrmas têm várias características importantes, dentre elas, podemos citar:

- Estanqueidade: Capacidade de anular os vazamentos decorrentes há algum tipo de fluido.
- Resistência à ventos: Como na construção civil, em alguns casos, as fôrmas trabalham em certas alturas, essa característica é bastante importante.
- Capacidade de resistir a cargas acidentais.
- Acabamento liso na face do concreto em contato com a fôrma.

Na construção civil, o estudo desse sistema é de suma importância, pois seu custo chega a ser 60% do preço da estrutura, e também foi verificado que no preço final da obra, gira em torno de 5% a 8%, além disso, uma estrutura de concreto consome aproximadamente 50% do prazo que foi previsto no cronograma, esses dados foram citados também por Zorzi (2015, apud SIMÕES e PINHEIRO, 2017b, pag. 1).

De acordo com Braguim (2013), para a escolha do tipo de fôrma que se deve ser escolhido, é preciso saber que elas possuem algumas características importantes que devem ser consideradas. O autor enumera essas características.

- Produtividade.
- O peso dos painéis.
- Quantidade de peças que irá conter esse sistema.
- O tempo de vida útil que terá essa fôrma.
- Versatilidade a projetos.
- Viabilidade econômica.
- Suporte técnico referente ao fornecedor.

De acordo com a ABNT (NBR 16055, 2012), esse sistema deve resistir a atividades que possa acontecer durante a construção: rigidez para não ceder a flexão e nem a pressão sem que afete os elementos estruturais, estanqueidade para que não haja nenhum tipo de vazamento decorrente a fluidez do concreto e dos elementos que a compõe, e a conformidade com a geometria das peças as quais estão no interior das fôrmas.

2.4 Tipos de Fôrmas

O tipo de fôrma é de extrema importância quando falamos de produtividade e economia da obra, por isso deve-se tomar bastante cuidado no momento de sua escolha, segundo Associação Brasileira das empresas de serviços em concreto (2012, apud SANTOS, V., 2021 pag. 20).

De acordo com Fajersztain (1992, apud OLIVEIRA, 2017a pag. 21), para ter um estudo adequado de fôrmas, pode-se fazer uma subdivisão de seus componentes, elementos e subsistemas.

De modo geral, segundo Teixeira e Guedes (2019), pode-se fazer a classificação das fôrmas com relação ao material a ser usado e também pela maneira de como será utilizada, sendo que se deve observar qual tipo de obra irá executar. Sendo assim, existem vários sistemas de fôrmas que pode ser usado em empreendimentos na construção civil. Para o mesmo autor, faz-se essa classificação como demonstrado na Quadro 1.

Quadro 1: Classificação das fôrmas

Tipos de fôrmas	Material	Indicação (tipo de obra)
Convencional	Madeira	Pequenas obras particulares e detalhes específicos
Moduladas	Madeira e mista	Obras repetitivas e edifícios altos
Trepantes	Madeira, metálicas e mistas	Torres, barragens e silos
Deslizantes verticais	Madeira, metálicas e mistas	Torres e pilares altos de grande seção
Deslizantes horizontais	Metálicas	Barreiras, defensas e guias

Fonte: Técnicas construtivas – Formas para concreto armado, Ripper (1996, apud TEIXEIRA e GUEDES, 2019 pag. 2).

Para o conhecimento dos sistemas de fôrmas, será demonstrado alguns tipos, entre os quais podemos citar.

2.4.1 Fôrma de madeira

Pelos estudos de Costa (2014a), o sistema de fôrma mais antigo na construção civil foi feito com o material de madeira, utilizado até hoje, mesmo tendo várias inovações.

Dentro de uma obra, utiliza-se bastante as fôrmas de madeira, e de acordo com Bernardina (2018a), esse é um sistema que no Brasil é o mais utilizado, sendo que podemos dividi-las em alguns subgrupos como: Compensados, tábuas e pontaletes de madeira serrada. Esse sistema quando é bem dimensionado e tem uma execução correta, pode-se ter um reaproveitamento de suas fôrmas. É apresentado na Figura 10, tal sistema de fôrma.

Figura 10 – Fôrma para vigas



Fonte: ECivil (2000).

2.4.2 Fôrma mista

Atualmente existe a capacidade de ter dois sistemas de fôrmas ao mesmo tempo, ou seja, pode-se utilizar simultaneamente perfis metálicos e compensados demadeira, com isso, esses dois materiais trazem benefícios para o sistema, tanto na parte estrutural ao qual o aço trabalha, quanto na vedação e estanqueidade, benefícios esses voltados aos compensados, Nazar (2007, apud ZWIRTES 2017b pag. 19). Ainda na afirmação do autor, “fôrmas metálicas com compensado: são

aquelas constituídas de quadros em peças metálicas e utilizam chapas de madeira compensada para garantir o acabamento da peça concretada”. Na Figura 11 faz-se uma demonstração desse sistema apresentado.

Figura 11 – Fôrma mista para pilar e parede



Fonte: Interfora (2018).

2.4.3 Fôrma plástica

De acordo Bernardina (2018b), para a montagem de um sistema de fôrma de plástico (pvc) é considerado vários módulos (peças essas encaixadas uma na

outra para formar uma estrutura de fôrma) de tamanhos diferentes, moldando assim o concreto, na Figura 12 tem-se um exemplo de montagem desse sistema com as peças mencionadas.

Figura 12 – Montagem de fôrma



Fonte: Eso (2011).

Temos exemplos do uso de fôrmas plásticas tipo cúbicas em lajes nervuradas, originada por ter uma eficiência na construção, além de sua agilidade e uma flexibilidade para alguns tipos de projetos (POTT; BELLEI; BARBISAN, 2019, p. 59). Na Figura 13 temos um exemplo de uma fôrma em PVC, essa a qual está sendo passada um desmoldante para recebimento de concreto para confecção de uma laje nervurada.

Figura 13 – Fôrma de PVC para laje nervurada



Fonte: Natumol.

2.4.3 Fôrma metálica

Para Queiroz (2017), as fôrmas metálicas são compostas por quadro e chapas metálicas, visto que tendo um material resistente, os painéis serão bem estruturados, e tendo um belo acabamento na face do concreto devido sua peça ser lisa, portanto, o alumínio é o material mais usado na confecção dessas fôrmas, tendo principais objetivos de sua utilização a leveza e resistência.

Essas fôrmas, dentro de uma obra da construção civil, podem ser utilizadas em várias etapas, podendo ser vistas na confecção de pilares, na fabricação de paredes curvas, em vigas, paredes de diferentes espessuras, sem a necessidade de muita mão de obra, normalmente é utilizado apenas um colaborador, tal potencial foi apresentado por Machado e Gomes (2019, apud BORGES, M., 2020 pag. 28).

É exibido na Figura 14 uma fôrma metálica, que recebe um concreto convencional para a confecção de uma empena, dentro dos modelos de pré-fabricados.

Figura 14 – Fôrma para confecção de uma empena pré-fabricada



Fonte: Autoria própria (2021).

A utilização desse sistema de fôrma está substituindo frequentemente as chapas de madeira compensadas (fôrmas de madeira), devido ser um material mais durável comparado as chapas que tem sua vida útil bastante ilimitada, Ricardo Marmitt (2017a). Ainda segundo Corsini (2011, apud MARMITT, 2017b pag. 33), esse tipo de sistema de fôrma pode ser muito utilizado, aproximadamente entre 500 a 2 mil vezes, com isso apesar de ser um material de alto custo, tem seu valor diluído no processo construtivo.

2.4.4 Fôrma de papelão

De acordo com Gustavo (2018), as fôrmas de papelão existem em diversos formatos, sendo o papel kraft, resina e cola como os materiais utilizados para montagem, esses aos quais tem função de resistência mecânica e rigidez.

Na Figura 15, é demonstrado um uso de fôrma de papelão para confecção de pilares com formatos circulares, sendo que já em seu interior é encontrado as armaduras para recebimento do concreto.

Figura 15 – Fôrma de papelão na confecção de pilares circulares



Fonte: Dimibu.

2.5 Cuidados na Montagem das Fôrmas

De acordo com a NBR 15696 (ABNT 2009), alguns cuidados devem ser tomados na montagem das fôrmas:

- Ter o projeto de fôrmas para montagem para anular qualquer tipo de erros.
- Ter precauções para que não haja nenhum tipo de recalque que prejudique as fôrmas causados pelo solo ou na base de apoio das escoras.
- Caso seja fôrmas industrializadas, sempre seguir as recomendações do fornecedor.
- Observando-se a NR 18, tomar precauções para proteger o sistema de fôrma contra qualquer risco de incêndio.
- O projetista estrutural deve verificar os furos e componentes.
- Caso haja algum componente embutido, preservar a geometria das peças no momento da concretagem.
- Evitar uso de fôrmas perdidas.

A Figura 16 traz um exemplo típico, ao qual faz acontecer um mau cuidado no momento da montagem da fôrma para estrutura. Em alguns casos, pode acontecer um deslocamento das peças das fôrmas devido ao peso do concreto.

Figura 16 – Cuidados nas Fôrmas



Fonte: ECivil (2010).

Na Figura 17 é mostrado uma execução bem planejada de fôrmas e escoramentos. Vê-se fôrmas limpas e novas, com sua estanqueidade adequada e peças apuradas.

Figura 17 – Fôrmas para concreto: características e execução



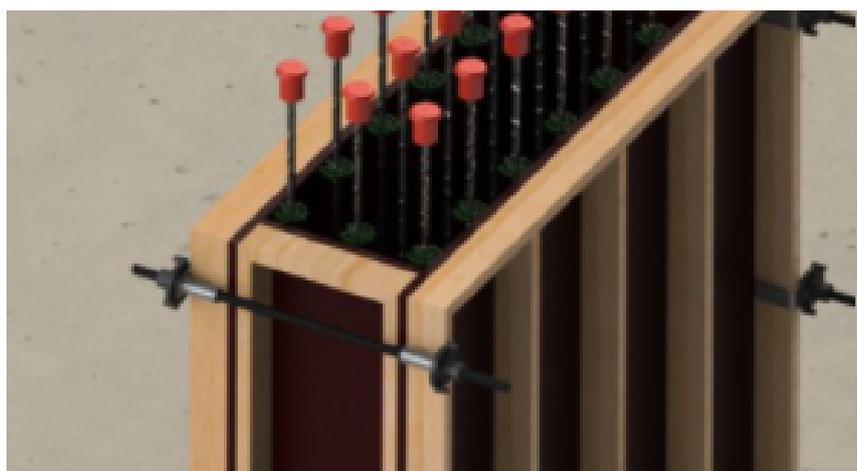
Fonte: Canteiro de Engenharia (2009).

Deve-se sempre verificar se as juntas estão sem espaços para ter uma boa estanqueidade, assim impede a passagem da argamassa ou outro tipo de material, além de ter suas faces internas limpas, assim acrescentou Marmitt (2017).

2.5.1 Travamento

Para a utilização de travamento em fôrmas para estruturas de concreto como pilares, vigas e lajes, entre outros faz-se necessário o uso de materiais de madeira ou metal (CONSTRUMAQ, 2021). Na Figura 18 é demonstrado um travamento em material metálico para confecção de um pilar.

Figura 18 – Travamento metálico



Fonte: Essencial (2011).

Na Figura 19 é exibido o cimbramento ou travamento de uma forma de madeira com o mesmo material, tal estrutura foi construída para fazer uma viga baldrame.

Figura 19 – Travamento de madeira



Fonte: Tora.

2.5.2 Escoramento

Os escoramentos de uma estrutura são insumos provisórios aos quais apoiam um sistema de fôrma tanto na horizontal, quanto na vertical. Para Oliveira, J. (2017b) quando o assunto está relacionado a escoramento, pode-se citar alguns tipos,

os mais comuns utilizados são: Escoramento metálico, pontaleamento, contínuo ou descontínuo.

De acordo com a ABNT NBR 15696:2009 “os escoramentos são estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura do escoramento todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais, até que o concreto se torne autoportante.”

Para uma demonstração de escoramento, tem-se na Figura 20 um escoramento metálico destacado em amarelo na estrutura de fôrma para confecção de um pilar a seguir.

Figura 20 – Escoramento metálico



Fonte: Formacon.

2.6 Cuidado Durante a Concretagem

Para Fonseca (2019a), “a concretagem deve seguir um padrão de lançamento que evite a segregação do concreto e que obedeça às prescrições estabelecidas em norma”. Sendo assim o concreto terá uma uniformidade, além de não haver desperdícios.

É demonstrado na Figura 21 a concretagem de uma laje treliçada, nela vemos a uniformidade do concreto, com esse controle ela não tenha desperdícios e ao final terá uma boa qualidade.

Figura 21 – Como fazer a concretagem da laje



Fonte: Moscardini (2020).

Como mencionado por Bianchi (2019a), de acordo com a geometria que terá a estrutura, o lançamento do concreto pode ser feito verticalmente ou horizontalmente caso haja disponibilidade de tecnologia da empresa, sempre seguir as orientações de projeto. Para a demonstração de uma má execução de concretagem, na Figura 22 foi feito uma concretagem de viga baldrame de forma incorreta, é evidenciado os relevos e desalinhamento nas faces do concreto fresco.

Figura 22 – Concretagem de uma viga baldrame



Fonte: Meia colher (2018).

Já na Figura 23 tem-se uma viga baldrame bem executada, é visivelmente notória a diferença de acabamentos finos na face do concreto em relação a Figura 22.

Figura 23 – Confeção de uma viga baldrame bem executada



Fonte: Viva Decora Pro (2020).

2.7 Cuidados na Retirada das Fôrmas

De acordo com Gomes (2020), é recomendado que a retirada das fôrmas que são usadas para concreto seja executada apenas após o processo de cura do mesmo, contudo, sempre ter em mãos e seguir o projeto estrutural de desforma. Como reforçou Santos, V. A. (2021), “assim como em qualquer obra convencional, devem obedecer a um programa bem detalhado de desforma e deverá ser feita quando o concreto se encontrar com resistência suficientemente adequada”. Para tal assunto, a Figura 24 traz uma exibição na prática de remoção de uma fôrma de madeira para viga baldrame.

Figura 24 – Desforma



Fonte: Flickr(2013).

2.8 Reutilização de Fôrmas

Como visto no capítulo 2.2 desse trabalho, é notória a utilização de qualquer sistema de fôrma e sua vasta abordagem. Na afirmação de Costa (2014b), quando falamos de meio ambiente, o assunto de reutilização é um ponto interessante a ser abordado, devido a tendência desse assunto, as fôrmas metálicas estão ganhando ênfase no mercado brasileiro para atender tais demandas. Para tal fôrma em questão, elas podem ser em média ter uma reutilização de 1000 (mil) vezes, Queiroz (2019).

Segundo Bianchi (2019b), para a reutilização de algumas fôrmas, faz-se necessário a aplicação de desmoldante em todas as faces que ficam em contato com o concreto para que no momento da desforma não fique nada aderido ao concreto. Para essa aplicação de desmoldante, é utilizado esponjas ou até mesmo borrifadores.

Na Figura 25 é demonstrado a utilização de uma fôrma metálica de uma parede (painel pré-fabricado). Essa fôrma, tendo seus cuidados pode-se fazer várias reutilizações.

Figura 25 – Painel de parede pré-fabricado



Fonte: Autoria própria (2021).

2.9 Vantagens e Desvantagens

Como abordado nesse trabalho, existe vários materiais para confecção de fôrmas, sendo que para cada um, tem-se a possibilidade de vantagens e desvantagens diferentes, tal confirmação foi citada por Santos, A. V. (2021). Será demonstrado através da literatura, os pontos de vantagem e desvantagem dos materiais mais utilizados nas fôrmas para concreto.

2.9.1 Vantagens

Como mencionado por Costa (2014c), atualmente é bastante utilizado os sistemas de fôrmas em processos construtivos convencionais, sendo assim, é necessária uma pesquisa bastante aprofundada para esboçar o assunto vantagens desse sistema. No Quadro 2, é levantado algumas vantagens dos sistemas de fôrmas estudado nesse trabalho.

Quadro 2: Tipos de fôrmas para concreto

Sistema	Vantagens
Fôrmas de madeira	<ul style="list-style-type: none"> ● A fabricação pode ser feita no próprio canteiro. ● Madeira reaproveitável.

	<ul style="list-style-type: none"> • Atende para várias formas geométricas estruturais.
Fôrmas metálicas	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptação para vários tipos geométricos. • Possibilidade de alugar fôrmas. • Atende para serviços de fundação. • Atende para serviços de paredes de concreto.
Fôrmas de PVC	<ul style="list-style-type: none"> • Em alguns casos serve de revestimento final. • Material leve.

Fonte: Mapa da Obra (2021).

2.9.2 Desvantagens

Como mencionado por Cebeu, L. *et al* (2018), quando o assunto abordado é o sistema de fôrmas de madeira, uma das desvantagens mais pertinentes está voltada ao desperdício de materiais. Com isso temos poucas reutilizações e percas de materiais.

Já para as fôrmas de metal (alumínio), como seu material está classificado como sendo nobre, seu custo é elevado, fazendo com que a obra fique caro, esses dados foram mencionados por Cambraia (2017b). Contudo, esse sistema devido ao seu peso elevado, tem-se uma dificuldade maior na parte de manuseio, logo a sua produtividade diminui, Carvalho (2012).

De acordo com Fonsceca (2019b), em relação aos demais, o sistema de fôrma de plástico tem sua desvantagem na parte de durabilidade, ou seja, seu tempo de vida útil é menor que os outros materiais, além de não fazer com que o concreto tenha um acabamento fino em sua face.

2.10 Fatores de Escolha

Para Auzier, Galvão e Caetano (2020) a escolha do tipo, do desenvolvimento e detalhamento adequado do projeto desse sistema é de suma importância para garantir a qualidade do produto final e sua viabilidade. Sendo assim, foi apontado que existem vários tipos de fôrmas, logo deve-se ter uma observação relevante para sua escolha devido ao aumento de informações a serem consideradas. O Quadro 3 traz algumas recomendações para a escolha adequada da fôrma que será usada.

Quadro 3 – Dicas para escolha de fôrmas

Peso	Fazer uma análise por m ² , sendo que quanto mais pesado for a estrutura pior o manuseio, fazendo com que tenha uma maior dificuldade na produção, por outro lado, caso seja leve demais se deve analisar sua qualidade e também sua resistência.
Número de peças do sistema	Quanto mais peças tiver no sistema, maior será sua complexidade, tendo em vista que fará com que a produtividade fique mais lenta devido a montagem e desmontagem das fôrmas.
Durabilidade	Analisar a quantidade de vezes que esse sistema será reutilizado e também sua qualidade.
Modulação	Priorizar a padronização de peças, facilitando a montagem e consequentemente aumentando a produtividade.
Análise econômica	Verificar a viabilidade de compra ou locação.
Fornecedores	Verificar fornecedores que tenham suporte técnico, garantindo os produtos solicitados, ter uma consolidação no mercado e logística de entrega.
Produtividade	Levar em conta a facilidade de montagem e desmontagem, tendo em análise a compatibilidade com a mão de obra.
Flexibilidade e adequação	Fazer uma escolha de um sistema de fôrmas que permita uma fácil adequação com o projeto arquitetônico.

Fote: CDC (2009).

O Quadro 4 traz um resumo dos sistemas de fôrmas estudado nesse trabalho, trazendo os materiais e seus pontos para tomadas de escolha.

Quadro 4 – Resumo

QUADRO RESUMO							
TIPO DE FÔRMA	Preço	Peso	Nº peças	Durabilidade	Resistência	Versatilidade	Fornecedor
Madeira	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Alto
Metálica	Alto	Alto	Abaixo	Alto	Alto	Alto	Médio
PVC	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Alto
Papelão	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo
Madeira e mista	Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Baixo	Baixo

Autoria: Própria (2021).

2.11 Design Thinking

Segundo Woebcken (2019a), o *Design Thinking* faz possível organizar ideias de modo a estimular tomadas de decisões e a busca por conhecimento, utilizado para referir ao processo de pensamento crítico e criativo. Segundo o mesmo autor, é comum a utilização dessa abordagem em empresas, pois tem a possibilidade de encontrar soluções para variados problemas.

Como exemplo da aplicação do método, Bibiana Zanella Ribeiro aplicou a metodologia do *Design Thinking* para “Construção de uma cadeia sustentável para destinação de Resíduos da Construção Civil (RCC)”, segundo a autora o modelo e a sugestão proposta no estudo satisfizeram as especificidades da localização geográfica do entorno da cidade. Na Figura 26 é demonstrado o sistema do *Design Thinking*, como mencionado anteriormente consistem em algumas etapas como: Empatia, definição dos problemas, idealização, protótipo e testes. Cada etapa tem uma função importante para o desenvolvimento de análise e resultado final.

Figura 26 – Método *Design Thinking*

Fonte: Paulo Oliveira (2019).

2.11.1 *Empatia (imersão)*

Tal etapa consiste no conhecimento aprofundado e ao levantamento de informações de tudo que envolve a empresa através de estudos aprofundados, Woebcken (2019b). De acordo com Paredes (2016), esse levantamento tem por objetivo aproximar as pessoas interessadas com a problemática.

Para auxílio dessa etapa, será utilizado pesquisas bibliográficas, livros, revistas e sites. Logo no final dessa etapa, tem-se todas as características que engloba o assunto.

2.11.2 *Definição dos problemas*

Durante essa etapa é preciso reunir todas as informações coletadas no processo anterior para uma análise minuciosa e levantamento dos problemas para serem estudados.

Para esse item, os responsáveis técnicos têm como objetivo colocar pontos críticos no assunto para levantamento dos problemas, tendo assim o produto final dessa etapa. Faz-se necessário o auxílio de entrevistas com pessoas que trabalham no ramo do assunto para selecionar os problemas mais importantes.

2.11.3 Idealização

Essa etapa está voltada a gerar ideias, ou seja, com todas as informações coletadas e os problemas definidos, os profissionais envolvidos estão prontos para formular alternativas de soluções.

Os responsáveis técnicos devem se unir e formular soluções para os problemas levantados no item 2.11.2. Como resultado, tem-se uma ou mais ideias para serem desenvolvidas no item 2.11.4.

2.11.4 Protótipo

Aqui tem-se a importância de colocar em prática as soluções para os problemas destacados na etapa anterior, sendo assim, será produzido um protótipo de ensaio do produto que geralmente é feito em escala reduzida.

2.11.5 Teste

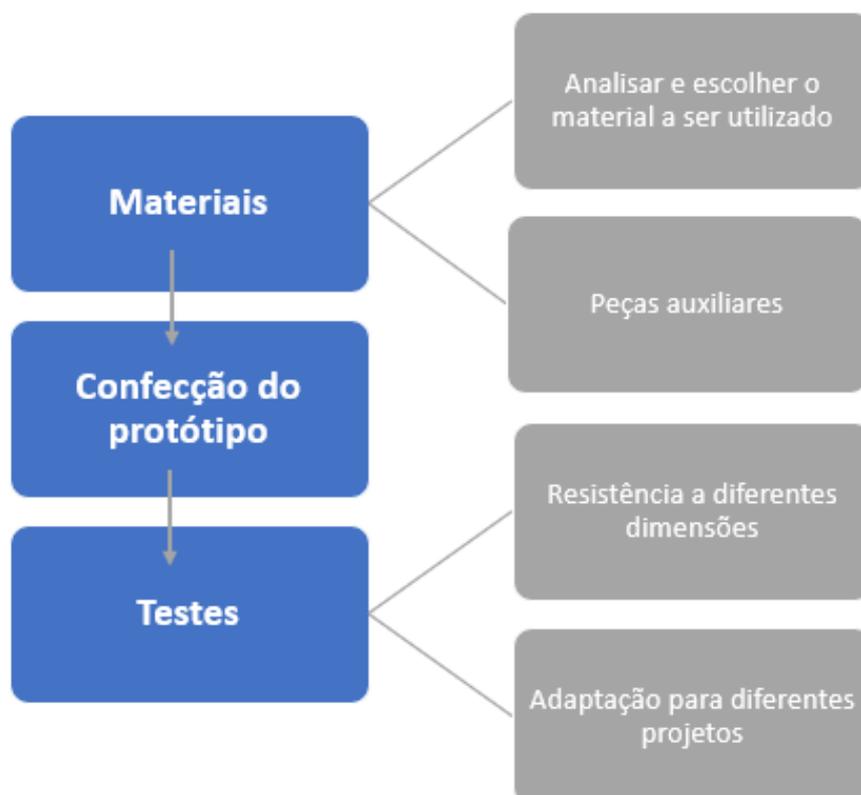
Após todas as etapas anteriores, chegamos nessa fase que consiste em testar os desempenhos em todos os pré-requisitos, sendo que é nesse momento que se descarta a ideia planejada caso não seja viável, ou faz-se reformulações de novas ideias, alterando assim o protótipo para novo teste.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

A tipologia da pesquisa é classificada, quanto à natureza, como aplicada; quanto aos fins, é descritiva e explicativa; e, quanto aos procedimentos, é pesquisa experimental. O estudo tem abordagem qualitativo, pois se baseia na objetividade de realizar um trabalho de campo, de acordo com a literatura. A Figura 27 apresenta um fluxograma que esquematiza as etapas realizadas para obter os resultados deste trabalho.

Figura 27 - Esquema representativo



Fonte: Autoria Própria (2021).

3.2 Método de Otimização do Sistema de Fôrmas

Para dar continuidade, o trabalho terá como auxílio o método *Design Thinking* sendo esse usado por ser uma ferramenta que veio otimizar os processos no gerenciamento de projetos. Também foi realizado um estudo de campo para coletar informações que agreguem no trabalho, tal assunto foi escolhido pela fácil acessibilidade das informações, visto que o autor desse estudo trabalha na empresa a qual está sendo realizado. Logo, esse método será realizado em 5 passos que são:

3.2.1 *Imersão*

Esse processo faz permitir com que as pessoas se aprofundem no assunto envolvido devido ao levantamento de informações, tendo em vista o conhecimento em determinado estudo.

Para o desenvolver desse trabalho foi realizado uma revisão bibliográfica do sistema de fôrmas para concreto armado, apresentando sua contextualização junto ao seu histórico, seguindo dos locais de utilização e evidenciando suas características, apresentando os tipos de fôrmas na construção civil e explicando os cuidados na montagem das fôrmas, durante a concretagem e na retirada delas, e por fim traz-se informações de suas reutilizações, vantagens, desvantagens e seus fatores de escolha. Esse estudo foi feito através de normas técnicas, revistas e trabalhos de conclusão de curso com o auxílio da internet.

3.2.2 *Definição dos problemas*

Na segunda etapa do método, o responsável técnico pela otimização identifica primeiramente as características mais relevantes no contexto do seu projeto, com ênfase em trazer alguns problemas tendo como base a sua imersão do assunto estudado.

Para o levantamento desses problemas o método permite diálogos com os profissionais que trabalham com o assunto, sendo que além dessa identificação da problemática será necessário encontrar junto com o profissional suas causas e níveis de gravidade. Nesse trabalho foi realizado conversas informais para tratar do assunto, já que os profissionais envolvidos não tinham tempo para responder questionários.

3.2.3 Idealização

Para alcançar soluções alternativas para os problemas em questão, esse trabalho traz o Quadro 4 como resumo das informações coletadas, logo é necessário fazer uma análise dos pontos correlacionando com os problemas levantados. Sendo assim, com todos os fatores de escolha de sua obra, tem-se uma ideia de qual sistema de fôrma é viável. Em seguida com os materiais pré-selecionados nesse item, faz permitir com que os profissionais utilizem de suas técnicas para o desenvolvimento de um método bem elaborado.

No trabalho em questão, para a viabilidade de qual sistema de fôrma utilizar, foi observado os pontos dos fatores de escolha como: produtividade, versatilidade na mudança de projetos arquitetônicos e relação de preço e reutilização. Em seguida como produto final desse item, foi gerado uma ideia que solucione os problemas de acordo com o material selecionado.

3.2.4 Protótipo

Com os problemas mencionados no item 3.2.2 e já com o material pré-definido para protótipo no item 3.2.3, aqui é o momento a qual será gerado um protótipo, podendo ser feito em tamanho real, em miniatura com os mesmos materiais escolhidos ou um modelo feito com o auxílio de uma impressora 3D.

Para o Protótipo desse trabalho, será realizado um modelo de escala reduzida de tamanho real desenvolvido com a ajuda da Empresa A.

3.2.5 Teste

O próximo passo será a realização de um teste, tendo em vista que os problemas mencionados no item 3.2.2 tem como base alcançar as soluções desejáveis. Esse teste será feito em campo e os itens que serão avaliados nesse procedimento são: versatilidade, reutilização, produtividade, resistência, preço, peso e estanqueidade.

Ainda caso o protótipo não seja viável, é necessário o descarte da ideia planejada para uma nova reformulação e um novo teste.

3.2 Estudo de Caso

Para aplicação do método *Design Thinking* apresentado anteriormente, esse trabalho terá como aplicação também o método de um estudo de campo em uma Empresa A. Para o tal estudo tem-se a ajuda de imagens para melhor visualização das questões abordadas, análises minuciosas em campo em relação as dimensões, posicionamento das estruturas de fôrmas que está sendo apresentado e os resultados pertinentes ao trabalho.

A pesquisa é ambientada na cidade de Maracanaú-CE. As coletas dos materiais foram realizadas localmente e os procedimentos experimentais foram executados na Fábrica da Empresa A.

4 RESULTADO E DISCURSÕES

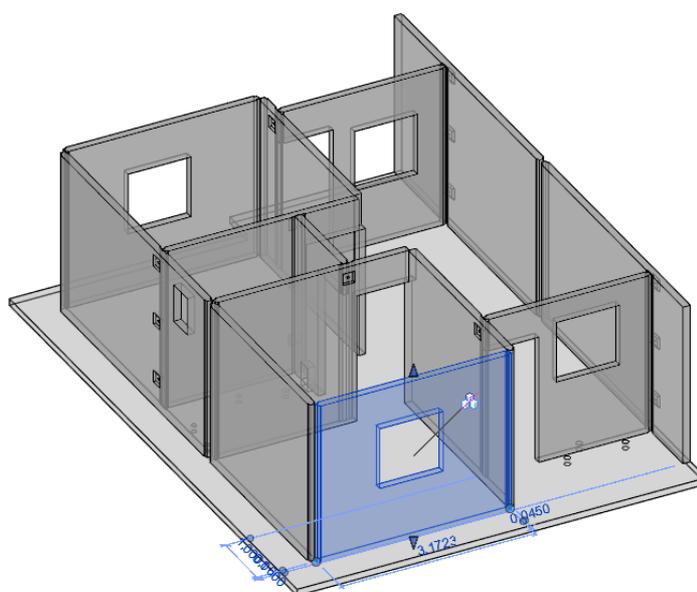
Para a coleta das informações que serão apresentados nos itens posteriores, foram realizadas entrevistas com engenheiros, encarregados, fornecedores e ferreiro.

4.1 Imersão

Nessa etapa foi feito um estudo da literatura das fôrmas que são utilizadas na construção civil (Capítulo 2), esse estudo teve uma grande importância devido ao conhecimento dos materiais e sua forma de utilização. Essa busca por informações foi de procura intensa devido ao vasto conteúdo na literatura, sendo que muitos desses trabalhos não tinham nexos com o assunto abordado, e por ser um sistema bastante utilizado dentro ou fora de uma obra.

Para a imersão do assunto na Empresa A, na Figura 28 é ilustrado uma casa de padrão médio modelada em *Revit* em painéis pré-fabricados, sendo as fôrmas convencionais usadas para confecção dos painéis em questão, onde unidas formam a casa pré-fabricada (Figura 28).

Figura 28 – Casa Pré-Fabricada



Autoria: Própria.

A Empresa em questão fabrica também lajes e empenas, mas para isso antes é feito uma preparação do terreno e em seguida é construído a (s) pista (s) de concreto (Figura 29) onde pode ser única ou várias (dependendo do projeto). Para continuação, são colocadas na superfície das pistas as fôrmas convencionais (soldadas em suas extremidades) para confecção de painéis de paredes, lajes e empenas (Figura 30 e 31).

Figura 29 – Pista de concreto para fabricação de pré-fabricado.



Autoria: Empresa A (2018).

Figura 29 – Fôrma metálica.



Autoria: Própria.

Figura 30 – Soldas em fôrmas.



Autoria: Própria.

Para a produção desses painéis, essas fôrmas são deitadas no chão (horizontalmente), em seguida elas recebem uma camada de óleo queimado (para posteriormente desmoldagem do concreto) e no piso (radier) é borrifado desmoldante (Figura 31). Após isso são colocados respectivamente espaçadores, telas, treliças, caso necessário instalações (hidráulico, sanitário e elétrico) (Figura 32), logo em seguida é despejado concreto para o espalhamento (Figura 33) e posteriormente inserido tijolos cerâmicos com dimensões 7x19x19cm (Figura 34), após a colocação desses materiais é despejado uma camada de argamassa rodado *in loco* para acabamento final (Figura 35).

Figura 31 – Aplicação de desmoldante na pista.



Autoria: Empresa A (2018).

Figura 32 – Preparação de telas, treliças, hidráulico e elétrico.



Autoria: Empresa A (2018).

Figura 33 – Concretagem e espalhamento



Autoria: Empresa A (2018).

Figura 34 – Paginação de Tijolo cerâmico.



Autoria: Empresa A (2018).

Figura 35 – Acabamento Final



Autoria: Empresa A (2018).

4.2 Definição de Problemas

No estudo do referencial bibliográfico das fôrmas convencionais, foi visto pelo autor que um dos problemas mais relevantes foram na reutilização das fôrmas e seu custo inicial alto, esses dois pontos estão interligados pois caso a empresa não reutilize uma fôrma, ela terá um gasto para sua fabricação. Além desse ponto de vista uma conversa informal foi realizada com os profissionais e fornecedores da Empresa A, com isso foram levantados os seguintes problemas e suas causas relacionadas as fôrmas convencionais.

Engenheiros: Pela análise de dois engenheiros da Empresa A, tem-se a afirmação que as limitações de projetos é um problema que deve ser explorado, pois quando o projeto requer paredes, lajes ou empenas com dimensões diferentes, essas fôrmas já usadas não servem tendo assim que fabricar outras, sendo o maior motivo apontado pelos profissionais é devido suas extremidades são soldadas.

E para essa fabricação de novas fôrmas para suprir as necessidades do novo projeto, está envolvido o gasto excessivo de material (aquisição de madeira, metal, ferramentas e outros insumos necessários), gasto de tempo pois requer novamente um planejamento para confecção de cada fôrma e um gasto a mais na mão de obra, pois nessa fabricação requer o profissional adequado e seu auxiliar, todos esses pontos foram classificados como relevância alta.

Encarregado: Na consulta com o encarregado da Empresa A as fôrmas convencionais normalmente ficam fora de esquadro com o passar do tempo devido

ao tipo de material, pois dependendo da necessidade, alguns materiais não suportam a pressão e as medidas que antes eram precisas se tornam exatas. Logo, os materiais começam a entrar em fadiga (facilitando deformações) e suas medidas ficam fora do padrão, tendo a necessidade de fabricação de uma nova fôrma ou dependendo do estado um reparo, logo esse profissional indicou que essa problemática terá uma relevância mediana, pois acontece em médio prazo.

Ferreiro: De acordo com esse profissional, o problema que foi levantado é em relação ao tempo de fabricação de uma fôrma, pois cada uma tem medidas diferentes e na maioria das vezes tem-se a necessidade de refazer uma fôrma por conta de algum erro de medida de projeto, com um prazo de 5 dias para finalização de uma fôrma. Em vista que o erro de esquadro também foi apontado pelo profissional e esses problemas foram analisados como grau de importância mediana.

Fornecedor: Um dos fornecedores da Empresa A informou que um dos problemas frequentes que acontecem é no pedido dos materiais, pois em alguns casos o comprador solicita uma peça com medidas erradas e após a entrega do produto, o cliente exige uma troca, logo esse problema foi indicado como grau de importância baixa, pois mesmo fazendo a troca, o material é reaproveitado.

Foi feito uma consulta com esses profissionais devido aos seus níveis de experiências com o assunto e foram de grande importância para elaborar um “mapa” de problemas (Quadro 5).

Quadro 5 – Resumo de problemática

Item	Problemática	Grau		
		Baixo	Médio	Alto
1	Reutilização de fôrmas			X
2	Limitação de projetos (versatilidade).			X
3	Gasto excessivo de material para fabricação.			X
4	Gasto de tempo e verba para mão de obra.			X
5	Fôrmas fora de esquadro na fabricação e após o tempo de uso.		X	
6	Curvamento do material devido à pressão do concreto.		X	
7	Aquisição errada de material	X		

Autoria: Própria (2022).

4.3 Idealização

Foi analisado que o sistema de fôrmas convencionais tem alguns problemas que interferem no produto final de uma obra, nessa etapa será feito uma idealização de cada problema anteriormente mencionado.

Reutilização de Fôrmas e Aquisição errada de material: Com o auxílio do Quadro 4 e o estudo do referencial teórico, foi escolhido o material metálico devido suas propriedades de resistência e seu tempo de vida ser mais alto que os outros materiais, mesmo com um preço inicial alto sua relevância se torna baixa quando as reutilizações entram em prática. O material escolhido foi o Metalon devido sua facilidade de trabalho, fácil disponibilidade do mercado, peso razoavelmente leve e um preço mais baixo com relação a outros perfis. Com esse ponto de vista, as fôrmas solicitadas serão de tamanhos e dimensões padrões, diminuído consequentemente erros de quantitativos. Na figura 36 é exibido as dimensões, espessuras e pesos das peças disponíveis de um dos fornecedores da Empresa A.

Figura 36 – Metalon

Metalon

dimensões mm		espessura mm	peso peça
A	B		
60	40	1,50	13,660
60	40	2,00	19,360
60	60	1,50	16,330
60	60	2,00	23,310
70	30	1,50	14,520
70	30	2,00	19,026
70	70	2,00	27,143
80	40	1,50	17,00
80	40	2,00	21,250
90	30	1,20	13,750
100	40	2,00	27,300

Fornecido em peças de 6m.

Barra para porta

espessura mm	peso peça
*1,55	7,600
*1,25	6,100

*Bitola galvanizada.
Fornecido em peças de 6m.



Catálogo Metal Mecânica Maia.

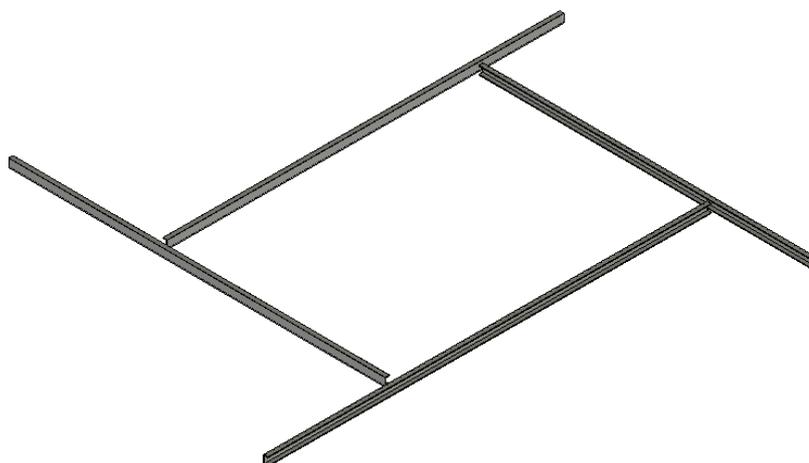
Fonte:

Para essas duas problemáticas e com um critério de avaliação tem-se o primeiro que é fazer uma análise em cada peça da fôrma após a retirada delas, se estão em estado ótimo para ser utilizado novamente como pontos de análise arranhões em suas faces, fissuras, orifícios e pontos amassados. A segunda é conferir as aquisições se houve erros de compras.

Limitação de projetos (versatilidade), Gasto excessivo de material e Gasto de tempo e verba para mão de obra: Um dos pontos mais citados pelos Engenheiros foi a limitação de projetos e esse motivo é recorrente a existência de peças fixas, ou seja, peças que antes eram varas passaram a ser um módulo unidas por solda em suas extremidades, por esse motivo o ponto chave será anular as soldas. Logo as 4 peças que antes eram soldadas formando um retângulo fixo, foi analisado que deixando as 4 varas móveis tem-se a facilidade de diminuir ou aumentando as dimensões, assim quando tiver a necessidade de fazer um painel com tamanhos diferentes de acordo com o projeto, basta mover a (s) vara (s) necessária (s).

Para a análise do protótipo, foi feito um desenho em *Revit* utilizando peças de Metalon com 3 metros de comprimento e 10 centímetros de altura, sendo que em nenhuma de suas extremidades serão fixadas (Figura 37).

Figura 37 – Projeto de Fôrma padrão

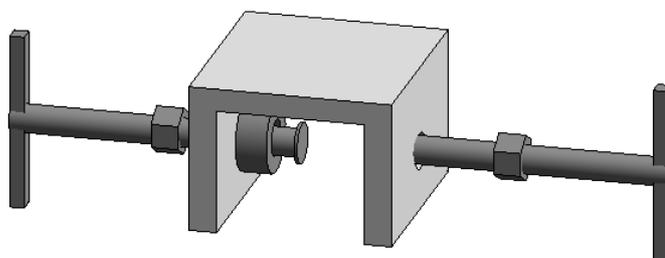


Autoria: Própria.

Com essa ideia surge um ponto crítico de como fixar as extremidades das peças antes de receber o concreto. Logo foi estudado que a forma mais simples seria amarrando suas extremidades com peças (Figura 38) do mesmo material das fôrmas,

essa peça auxiliar tem como ideia um pequeno perfil em “U”, que elas são encaixadas em duas fôrmas e dois parafusos resistentes o suficiente para fazer os apertos necessários.

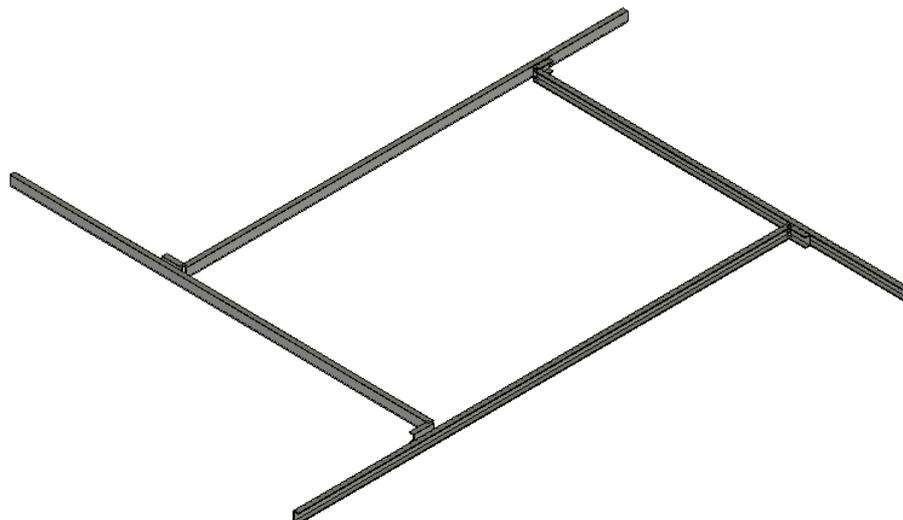
Figura 38 – Peça auxiliar



Autoria: Própria.

Entretanto tem-se a necessidade de fazer um pequeno apoio nas extremidades de cada vara, logo foi inserido um complemento do mesmo material com comprimento de 15 cm e 10 cm de altura (Figura 39).

Figura 39 – Forma Padrão em formato de L



Autoria: Própria.

Logo, deixando as peças de forma a ter uma flexibilidade de projeto, tem-se uma diminuição na compra de novas peças para fabricar novas fôrmas e economia de tempo, pois somente uma com esse modelo substitui várias do modelo convencional.

Para os critérios de avaliação desses problemas será a relação de aquisição de materiais para confecção de uma fôrma convencional e uma fôrma padrão além de verificar com o soldador o tempo que é gasto em cada confecção de fôrma, com isso analisar a hora que é paga de mão de obra e fazer o comparativo. Para sua versatilidade o critério de teste será após a desforma de um painel, mudar as dimensões da fôrma para confecção de um novo painel totalmente diferente do anterior.

Curvamento do material devido à pressão do concreto e Fôrmas fora de esquadro na fabricação e após o tempo de uso: Tal problemática foi evidenciada que os módulos ficam empenados (fora de esquadro) ou cada lado da fôrma fica flexionada, com isso foi criado um sistema que impossibilita esses movimentos que será incluir uma haste metálica no centro desse conjunto de fôrma, pegando duas peças opostas.

Os critérios de avaliação dessas problemáticas serão conferir as medidas antes e após da concretagem, sendo assim a necessidade de um auxílio de uma trena para as medidas, contudo as medidas não podem fugir do padrão tendo como critério de avaliação no máximo 1mm de folga. Com essas premissas foi obtido o protótipo completo na Figura 40.

Figura 40 – Projeto de Forma Universal para estrutura de concreto pré-fabricada

Autoria: própria.



4.4 Protótipo

Para a confecção do protótipo, a Empresa A disponibilizou alguns materiais e sua área de trabalho, além da disponibilidade dos funcionários.

Com isso inicialmente foi utilizado o Metalon com dimensões 120x100x2mm comprados no fornecedor da Figura 36 (No catálogo não tem essas dimensões de metalon, mas o fornecedor fabrica especialmente para a Empresa A devido a necessidade pelas dimensões do painel), em seguida as 4 varas foram colocadas na pista (Figura 41) para confecção de um painel estrutural.

Em seguida essas varas foram posicionadas de tal forma que as dimensões do painel ficassem 2m de largura e 2,75 de altura, em seguida foi colocado as ferragens (treliças, tela e rancões). Com isso tem-se a descrição dos itens utilizados no protótipo.

- Metalon: 2 varas 120x100x2mm de 2,3m e 2 varas 120x100x2mm de 3,05m.
- Treliça: Treliça soldada de aço TG 8L – superleve.
- Tela: Pop Q45 Malha 20x20cm.

- Rancão: Utilizado para içamento do painel, sendo CA-50 Bitola 10mm.

Figura 41 – Metalon com ferragens inseridos



Autoria: Própria.

Para o melhor desempenho a Empresa A fabricou um protótipo com varas de 6,3m de comprimento e a disponibilizou para o uso. Sendo assim em cada extremidade de vara foi soldado um complemento (Figura 43) com o mesmo material, a função desse complemento é ser um apoio para as peças auxiliares exibido.

Figura 43 – Complemento de Vara



Autoria: Própria.

Para a confecção das peças de amarrações nas extremidades de cada junção de fôrma, foi feito um perfil em U para o encaixe em duas varas sendo que esse perfil tem um orifício de cada lado para passagem dos parafusos que servem como aperto, a seguir está o detalhamento de cada componente dessa peça e logo é mostrado na Figura 44 como foi executado essa peça protótipo.

- Parafusos: 2 parafusos em cada lado com diâmetro de 9,525mm (bitola 3/8”).
- Peça superior: 01 Chapa de aço de 22cm de comprimento e 5cm de largura.
- Peça lateral: 2 Chapas de aço com comprimento de 16cm e largura de 5cm.

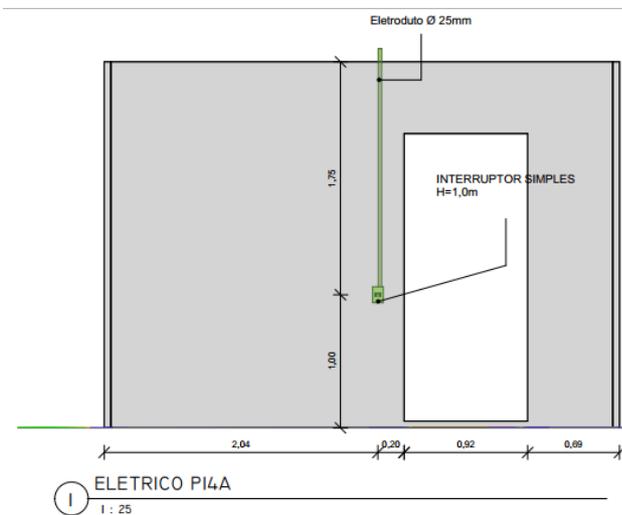
Figura 44– Peças auxiliares montada



Autoria: Própria.

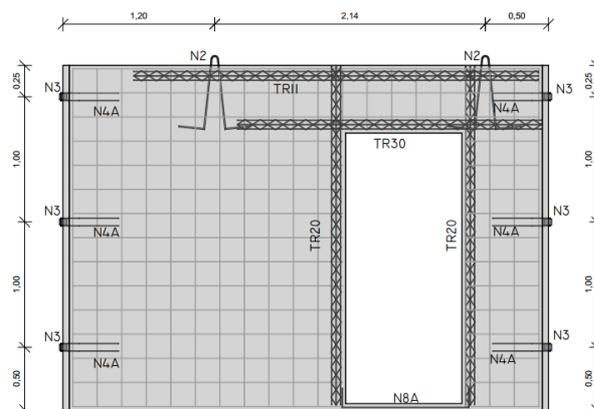
Em seguida essas peças foram colocadas nas extremidades de cada encontro de vara. A Empresa decidiu usar a fôrma protótipo para fabricação de painel em uma obra que está em andamento, com isso os metalons foram ajustadas para confecção de um painel com dimensões de 2,75m de altura e 3,85m de largura, logo foi inserido todos os itens necessários que solicita o projeto do painel (Figura 45 e 46) como, tela, treliça, rancões e instalação elétrica. Já com todas as dimensões conferidas e anotadas a Figura 47 ilustra o protótipo final já com as amarrações em suas extremidades.

Figura 45 – Projeto elétrico



Autoria: Empresa A (2022).

Figura 46 – Projeto de Ferragem do Painel



Autoria: Empresa A (2022).

Figura 47 – Protótipo Final



Autoria: Própria.

4.5 Teste

Nesse item será evidenciado os testes que foram feitos no local sendo descrito e avaliado por cada problemática citada no item 4.3 desse trabalho. Sendo que o primeiro teste foi feito logo no início, para o metalon com as especificações anteriores foi feito uma aquisição de 4 varas com 6 metros cada uma e os parafusos das peças auxiliares, sendo que na análise foi medido as varas e foi evidenciado que o material foi comprado e entregue conforme o solicitado, tanto do item metalon quanto dos parafusos para as peças auxiliares.

Para sua reutilização foi feito a análise minuciosa do estado da fôrma após a retirada delas do primeiro protótipo, tendo como resultado vestígios de massa, com isso foi feito uma raspagem da fôrma e uma limpeza com água. Após a limpeza foi evidenciado que a fôrma está em estado de reutilização, sem evidências dos pontos de critério (Figura 48) arranhões em suas faces, fissuras, orifícios e pontos amassados.

Figura 48 – Metalon Pós utilização



Autoria: Própria.

Os resultados obtidos com a comparação de materiais comprados para confecção de uma fôrma foram satisfatórios como mostra na Tabela 1 e 2, pois para as fôrmas convencionais é feita aquisição aproximada em relação os eletrodos para soldar cada extremidade de vara, sendo que deve ser inserido um esquadro como mostrado na Figura 30 (fôrma convencional) e as fôrmas universais tem detalhes em suas extremidades que também necessitam de soldas tanto quanto as peças auxiliares. Para possíveis reformas devidas a erros de projeto/confecção os discos de corte também tiveram uma aquisição aproximada sendo que o tempo gasto na fabricação da fôrma convencional é de 5 dias como mencionado pelo profissional no item 4,2 e o tempo para fabricação da fôrma Universal foi de 4 dias. Com isso a diária do soldador a R\$ 120,00 e o valor da hora trabalhada de R\$ 13,75 os gastos de mão de obra da fabricação de uma fôrma padrão é maior nas convencionais.

- Aquisição total para fabricação de 1 fôrma convencional com mão-de-obra: R\$ 2.910,35.
- Aquisição total para fabricação de 1 fôrma convencional com mão-de-obra: R\$ 2.760,00.
-

Tabela 1 – Gastos para fabricação de uma fôrma convencional

Fôrmas Convencionais	Quantitativo	Valor Unit.	Valor Total
Metalon 100x100x1,5mm (6m Vara)	4	R\$ 705,00	2.820
Eletrodo (Caixa)	1	R\$ 15,41	15,41
Metalon20x40x1,2mm (m)	1	R\$ 91,67	91,67
Mão de Obra (Diária)	5	R\$ 120,00	600,00
Parafuso 9,525mm (3/4")	0	R\$ -	0,00
Disco abrasivo de corte	2	R\$ 9,34	18,68
Total			R\$ 3.545,76

Autoria: Própria.

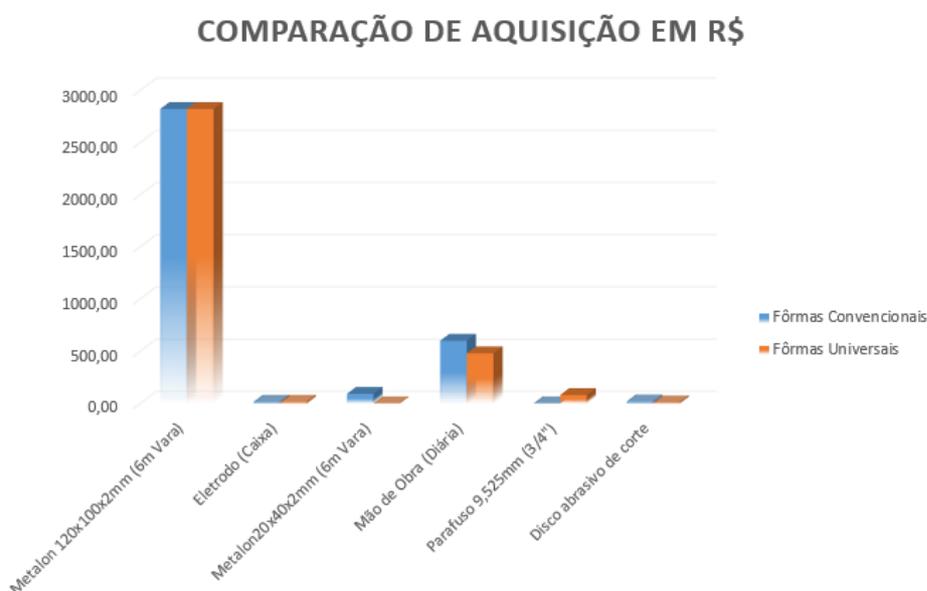
Tabela 2 - Gastos para fabricação de uma fôrma universal

Fôrmas Universais	Quantitativo	Valor Unit.	Valor Total
Metalon 100x100x1,5mm (6m Vara)	4	R\$ 705,00	2.820
Eletrodo (Caixa)	1	R\$ 15,41	15,41
Metalon 60x40x2mm (6m Vara)	0	R\$ -	0,00
Mão de Obra (Diária)	4	R\$ 120,00	480,00
Parafuso 9,525mm (3/4")	4	R\$ 20,00	80,00
Disco abrasivo de corte	1	R\$ 9,34	9,34
		Total	R\$ 3.404,75

Autoria: Própria.

Com os resultados das Tabelas 1 e 2, foi obtido o Gráfico 1 que possibilita ver uma comparação na aquisição de materiais e mão-de-obra do sistema de fôrma convencional e sistema de fôrma universal.

Gráfico 1 – Comparativo entre os sistemas de fôrmas



Autoria: Própria.

Versatilidade: Para esse critério após a desforma e devido os resultados obtidos no teste de reutilização, as fôrmas foram realocadas e com o desaperto das peças auxiliares, elas foram posicionadas com dimensões diferentes do painel anterior, com isso foi feito o aperto manual das peças auxiliares para a produção de um novo painel totalmente diferente.

Com isso a Empresa A reutilizou a fôrma universal para um novo painel com dimensões diferentes, sendo esse com altura de 2,75 metros e comprimento de 4,2 metros. Foi observado que sua reutilização é satisfatória devido sua flexibilidade e rapidez. Na Figura 49 é exibido a reutilização em questão já na fase de paginação dos tijolos.

Figura 49 – Painel 4,2mx2,75m



Autoria: Própria.

Para a análise de pressão com que o concreto faz nas fôrmas, foram analisadas as medidas antes e após a concretagem e evidenciado que não surgiu nenhum curvamento do material e em relação ao esquadro, foi verificado com o auxílio da trena que as medidas não sofreram nenhuma alteração, passando no teste de folga menor que 1mm.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse tópico serão apresentadas as conclusões do presente trabalho e as recomendações para a continuidade dos estudos nessa área de da construção civil.

5.1 Conclusão

Foi concluído que o método *Design Thinking* teve uma suma importância no desenvolvimento do trabalho devido os procedimentos bem evidenciados de cada etapa. Tal método permitiu com que os resultados fossem alcançados sendo eles: identificar os requisitos de desempenho desejáveis dos sistemas de fôrmas que foi evidenciado no capítulo de imersão, e através da idealização fez permitir associar os requisitos de desempenho de fôrmas às soluções existentes/inexistentes, com isso foi proposto um método de otimização de sistema de fôrma e através de um estudo de caso foi avaliado esse sistema, além disso o método permitiu fazer testes de avaliação e criticar o resultado da aplicação da idealização sendo esses alcançados através do método.

Uma das dificuldades encontrada no desenvolvimento desse trabalho foi filtrar as informações coletadas no referencial teórico devido a vasta informação do assunto abordado. Segunda dificuldade foi à espera do começo de uma obra para aplicar o método e buscar os resultados desejados nos testes. A terceira dificuldade foi juntar verba para a aplicação do método, sendo que com a ajuda da Empresa A não seria possível realizar concluir o trabalho.

A limitação desse trabalho está relacionada ao tempo do uso de uma fôrma, pois não há como mostrar a quantidade de vezes que a fôrma pode ser utilizada até seu desgaste devido ao custo para fabricação dos painéis e/ou necessidade de mais projetos. Além disso, como os painéis desenvolvidos foram de tamanhos inferiores ao comprimento máximo da vara, o critério de envergamento da fôrma não pôde ser realizado devido a necessidade de inserir uma haste metálica entre as fôrmas.

Finalizando, o presente trabalho abre diversos caminhos para empresas que querem inovar em suas tecnologias, com isso esse método de otimização de fôrmas para estruturas em concreto armado é bastante vantajoso quando relacionado ao sistema convencional, tanto em tempo quanto na aquisição de insumos para sua fabricação. Com isso para uma obra com inúmeros painéis, esse método traz uma enorme economia devido a versatilidade das fôrmas universais, mesmo tendo um custo inicial alto.

5.2 Recomendações Para Trabalhos Futuros

Como mencionado anteriormente, o critério de envergamento não pôde ser realizado pois os painéis foram feitos de dimensões pequenas devido a necessidade do projeto da Empresa A, e para uma recomendação de estudo será a avaliação desse critério através de algum método que possibilite verificar a deformação antes e após a desforma.

Por fim sugere-se também que a utilização desse sistema de fôrma universal aborde não só painéis pré-fabricados como também outros tipos de estruturas como vigas, pilares ou outros modelos geométricos.

REFERÊNCIAS

ABNT - NBR 15696. **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** 2009.

ALBERTO, J. et al. **Um estudo comparativo entre as vantagens construtivas das paredes de concreto e alvenaria convencional.** Pag. 1-46. TCC (Graduação), Engenharia Civil, Centro Universitário cesmac 2017.

ALVES, F. L. **Fôrmas na construção civil -análise nas obras em pato branco.** Universidade tecnológica federal do paraná. Pag. 1-79, TCC (Graduação), Engenharia Civil, 2015. Disponível em: www.pb.utfpr.edu.br/ecv

BERNARDINA, A. R. F. D. **Tecnologia das construções II.** Pag. 1-28, Revista, NF Editora 2018.

AUZIER, J. S.; GALVÃO; CAETANO, M. A. T. **Descrição das etapas construtivas de paredes de concreto.** Pag 1-11, TCC (Graduação), Engenharia Civil, PUC Goiás, 2020.

BIANCHI, L. N. **proposta de um sistema de formas para a construção de residências pré-fabricadas em concreto armado alveolar.** Pag. 1-93, TCC (Graduação), Engenharia Civil, Universidade tecnológica federal do paraná, 2020

BORGES, M. **Sistema construtivo de parede de concreto em edificação de múltiplos pavimentos considerando as perspectivas iniciais do empreendimento.** TCC (Graduação), Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2020.

BRAGUIM. **Utilização de modelos de cálculo para projetos de edifícios de paredes de concreto armado moldadas no local.** Pag 1-227. Dissertação, Engenharia Civil, São Paulo, 2013.

CARVALHO, L. F. **Sistema construtivo em paredes de concreto para edifícios: dimensionamento da estrutura e aspectos construtivos.** Pag. 1-130, Universidade federal de minas gerais escola de engenharia programa de pós-graduação em engenharia de estruturas, Minas Gerais. 2012

CDC. **Fôrmas - modelo de decisão análise técnica.** Revista. 2021. Disponível em: <
<http://www.comunidadeconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/2/caracteristicas/o-sistema/18/caracteristicas.html>>

CEBEU, L. et al. **Comparação entre estruturas de concreto tradicionais e industrializadas: vantagens ambientais do uso de pré-moldados.** Pag. 1-12, Encontro de sustentabilidade em projetos. Fllorionópolis. 2021.

BORBA, F. M. N. **Engenharia civil estudo de caso: comparativo de custos entre projetos estruturais e análise do seu impacto no orçamento final da obra.** Pag. 1-44, TCC (Graduação), Engenharia Civil, Instituto Federal, Goiás. 2020.

FONSCENCA, A. F. T. **Estudo de caso sobre o método construtivo de paredes de concreto moldadas “in loco” em casas populares no município de mossoró/rn.** Pag. 1-68. Monografia, Engenharia Civil, Universidade Federal Rural do Semi-árido, Rio Grande do Norte, 2019.

GOMES, M. **Fôrma para concreto: características e execução**, 2020. Disponível em:
<<https://www.google.com/amp/s/canteirodeengenharia.com.br/2020/10/1/fomas-para-concreto-caracteristicas-e-execucao/amp/>>.

GUSTAVO, L.; BIANCHETTI, M.; ALEGRE, P. **Uso de indicadores de desempenho para escolha de sistemas de fôrmas.** Pag. 1-96, TCC (Graduação), Engenharia Civil Universidade federal do rio grande do sul escola de engenharia departamento de engenharia civil, Porto Alegre. 2018.

CAMBRAIA, M. N. **Processo construtivo de paredes de concreto moldadas in loco em fôrmas de alumínio.** Pag. 1-53, Trabalho de Conclusão de Curso, em Produção e Gestão do Ambiente, Universidade Federal de Minas Gerais. 2017.

MARMITT, D. R.; ALEGRE, P. **Estudo de caso: análise de não conformidades pós-ocupação em um empreendimento habitacional de interesse social (ehis) executado com paredes de concreto armado moldadas in loco.** Pag. 1-102, TCC (Graduação), Engenharia Civil Universidade federal do rio grande do sul escola de engenharia departamento de engenharia civil. Porto Alegre. 2017.

PAREDES, B. **Etapas do *design Thinking*. Site, 2016.** Disponível em:
<<https://www.google.com/amp/s/cysneios.com.br/etapas-do-design-thinking-e-suas-a-bordagens/>>.

QUEIROZ, F. W. **Estudo comparativo de viabilidade financeira entre o sistema construtivo alvenaria estrutural e o de paredes de concreto moldadas in loco, para um empreendimento residencial.** Pag. 1-75. TCC (Graduação), Engenharia Civil, Instituto federal de educação, ciência e tecnologia da paraíba coordenação do curso superior de bacharelado em engenharia civil, Cajazeiras. 2019.

REIS, M. S. **Sistema construtivo de parede de concreto moldado in loco: estudo de caso em uma obra residencial em são luís-ma.** Pag. 1-51, TCC (Graduação), Engenharia Civil, Universidade Federal do Maranhão, São Luis -MA, 2019.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares.** Pag 1-58, TCC (Graduação), Engenharia Civil, Universidade tecnológica federal do paraná, Paraná. 2013.

SANTOS, M. et al. **Análise comparativa na execução de fôrmas de bloco de coroamento em estacas.** Pag. 1-5, Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, CONTECC, Maceió – AL. 2018.

SANTOS, V. A. **Sistema construtivo em paredes de concreto moldadas in loco do projeto ao gerenciamento da produção.** Pag.1-62. TCC (Graduação), Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2021.

SENGER, E. W.; SANTOS, A. DE P. L. Banheiros pré-fabricados: seus benefícios e como criam valor para consumidores. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 3, p. 573–589, jul. 2020.

SIMÕES, J. G.; COELHO PINHEIRO, S. **Comparação dos sistemas construtivos de fôrmas tipo decklight e longarina: estudo de caso.** [s.l: s.n.].

TOTH TEIXEIRA, L.; DUMARCO GUEDES, M. **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia técnicas construtivas-fôrmas para concreto armado.** [s.l: s.n.].

VALENTINI, O. M. **Universidade tecnológica federal do paraná departamento acadêmico de construção civil curso de engenharia civil.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.pb.utfpr.edu.br/ecv>.

WOEBCKEN, C. **Design thinking.** Site, 2019. Disponível em: <<https://rockcontent.com/br/blog/desing-thinking/>>.

ZWIRTES, S. **Estudo de viabilidade para fôrmas de pilares confeccionadas em fibra de vidro reforçada com material de núcleo.** Pag. 1-93, TCC (Graduação), Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017.