

Análise do uso das fôrmas de madeira em estruturas de concreto armado

**Ana Caroline Nascimento da Silva¹, Elisandra Vieira de Freitas², Luan Danierik Silva de Miranda³,
Marina Alves Batista⁴, Raylan Pinto Gomes⁵**

(anacarolinensd@hotmail.com, elisandra_freitas@hotmail.com, danierikeng@gmail.com,
maryna_allvehs15@hotmail.com, gomesmaterial.eng@gmail.com)

Professora orientadora: Camila Cedraz Prinz

Coordenação do curso de Engenharia Civil: Paulo Ricardo

RESUMO

Este trabalho apresenta o sistema de fôrmas, em especial as fôrmas de madeira, o qual apesar de ser invisível ao final da construção, trata-se de um sistema de grande importância, por dar formas às estruturas de concreto armado e sustentá-las até que ganhe resistência. De forma que demonstramos uma análise do sistema e uso das fôrmas de madeira na construção civil, evidenciando suas diferenças, qual delas possui melhor viabilidade e custo benefício para seu uso nas construções. Logo, essa pesquisa será desenvolvida para entender melhor as suas vantagens e desvantagens através de uma pesquisa comparativa dos materiais apresentados. Demonstrando, tipos, elementos e as formas como podem ser planejadas e executadas no ato de desenvolvimento do concreto armado. Ao final os resultados indicaram que a madeira compensada torna-se viável para grandes obras de empresas de construção civil, pela possibilidade da sua alta reutilização e trabalhabilidade. Logo, a madeira serrada mesmo tendo uma baixa reutilização o seu custo benefício é muito maior para pequenas obras por possuir um baixo custo em relação ao compensado. Mas sempre devendo levar em consideração que o mais adequado é a análise do projeto e o uso da madeira de acordo com a melhor aplicação e a necessidade de cada obra.

Palavras-chaves: Fôrmas de madeira. Sistemas de fôrmas. Tipos de madeira.

1. INTRODUÇÃO

Na execução de estruturas de concreto faz-se necessária a utilização de fôrmas e escoramento para que se torne possível estabelecer dimensões determinadas no projeto, assim como oferecer suporte e sustentação à estrutura em seus primeiros dias de concretagem (NAZAR, 2007).

Salgado (2014) define o sistema de fôrmas, na fase de execução da obra, como um dos principais elementos inerentes à estrutura, sendo utilizado para moldar o concreto, quando este se encontra em estado maleável e dar forma em seu caráter definitivo após o processo de cura. Acrescenta ainda, que é de extrema importância ser criterioso na escolha das fôrmas, para assim trazer viabilidade ao acabamento, bem como uma estabilidade estrutural positiva no momento da concretagem.

¹ Graduação em Engenharia civil – Faculdade AGES de Jacobina.

² Graduação em Engenharia civil – Faculdade AGES de Jacobina.

³ Graduação em Engenharia civil – Faculdade AGES de Jacobina.

⁴ Graduação em Engenharia civil – Faculdade AGES de Jacobina.

⁵ Graduação em Engenharia civil – Faculdade AGES de Jacobina.

Nesse sistema construtivo, o autor determina que existem alguns requisitos importantes que precisam ser observados como, a execução rigorosa atendendo as dimensões descritas no projeto, resistência adequada aos esforços para não ocorrer a deformação sob a ação do concreto fresco até que o mesmo alcance a resistência mecânica necessária para auto suporte, e rugosidade superficial para o concreto conforme determinado no projeto.

Os materiais empregados no sistema de fôrmas são de grande importância, pois decorre destes um bom desempenho técnico e financeiro do conjunto, a sua escolha deve estar baseada nos critérios de economia, segurança e qualidade (ARAÚJO; FREIRE, 2004). Se tratando da madeira no sistema de fôrmas para a estrutura de concreto armado, seu uso é generalizado, o que dá a ela a qualidade de principal matéria-prima na confecção de fôrmas, principalmente em razão de ter um valor acessível para as empresas de pequeno e médio porte, e, também por ter uma certa facilidade em seu manuseio (PAESE, 2012).

De um modo geral, na construção civil as fôrmas de madeira, geralmente são compostas por chapas de compensado resinado ou plastificado, tábuas e pontalotes, estas são as mais utilizadas dentre os materiais que compõe esse sistema, pois apresentam características que se enquadram às especificações de baixo custo. Vale lembrar, que o critério determinante do sistema a ser utilizado depende do custo da obra e do seu prazo de execução, ou seja, não se deve descartar o estudo de um sistema alternativo (NAZAR, 2007).

Um fator positivo na utilização da madeira é a versatilidade que esse material possui em se adequar a uma diversidade de formas, principalmente os pilares. Além de ser bastante resistente, o que faz dela um material de grande indicação para a confecção das fôrmas (REZENDE, 2010).

O baixo custo da madeira, em relação a outros materiais, ainda segundo o autor, eleva a sua adesão por parte dos construtores na produção das fôrmas. Outra vantagem inerente a este material, trata-se do número de vezes que a madeira pode ser reaproveitada na mesma obra, levando em conta os planos de montagem e desmontagem.

Desta forma, busca-se analisar questões voltadas para um bom planejamento e desempenho da construção, tendo em vista que em meio a grande variabilidade de obras na construção civil no mercado atual, minimizar custos, tanto financeiros quanto com materiais, são fatores primordiais. Neste sentido, o presente trabalho visa apresentar práticas envolvidas na produção e execução das fôrmas de madeira para concreto armado, avaliando custos e viabilidade.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. FÔRMAS

De acordo com Calil (2005), as fôrmas podem ser compreendidas como estruturas provisórias que geralmente são fabricadas com madeira possuindo a função de atribuir forma e dar suporte às estruturas em concreto até que as mesmas adquiram a capacidade de auto suporte.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) descreve a fôrma como um objeto que além de trazer forma a qualquer peça em concreto da construção, estas também são responsáveis por atender outras exigências também tidas como importantes, que são:

- Assegurar dimensões e formas;
- Garantir a posição das peças estruturais;
- Manter a conformação do concreto “fresco”;
- Permitir que sejam posicionados outros elementos nas peças, como por exemplo furos de passagem, espaçadores, dentre outro;
- Garantir a proteção do concreto novo, devido a sua fragilidade;

- Impedir a fuga de finos;
- Evitar a perda de água do concreto fresco.

Figura 1: Sistema de fôrmas e escoramentos



Fonte: NATUMOL (2022)

Conforme ratifica Magalhães (2000), a partir de estudos realizados é possível constatar que as fôrmas representam de 40% a 60% do custo total da estrutura de concreto armado, e aproximadamente 8% a 12% no custo final de uma obra. Todavia, com a diversidade de materiais existentes no mercado, o valor da fôrma gira em torno de 2% para uma edificação.

2.2.FÔRMAS EM MADEIRA

O sistema de fôrmas de madeira, segundo Nazar (2007), é o mais utilizado no Brasil, pois ainda há a cultura por parte das empresas em utilizar deste processo e por ser o mais em conta e acessível para as empresas de pequeno porte. Em geral não há um projeto específico da exceção das fôrmas em empreendimentos onde não são encontradas cargas significativas, logo, as mesmas serão executadas com base na experiência do mestre de obra, o que poderá incidir na redução da qualidade por ausência de padrão na execução e a elevação de custos no processo.

Figura 2: Sistema de fôrmas em madeira



Fonte: (HOLLERSCHMID, 2003)

As fôrmas de madeira são as mais difundidas no mercado atual da construção civil, em razão de possuírem melhor custo-benefício. Estas podem ser confeccionadas no próprio canteiro, reaproveitando madeiras as quais precisam ser dimensionadas de acordo com as cargas

e a pressão do concreto, o que se trata de um fator variável pois corresponde a necessidade de cada obra, podendo atender às mais diversas formas geométricas para elementos estruturais (TEIXEIRA, 2018).

A preferência dada a esta espécie de fôrma, segundo Moliterno (1989), se dar em razão de algumas vantagens que a mesma tem e que não há em outros materiais, como a boa resistência, módulo de elasticidade, qualidade na resistência e um bom desempenho no momento da execução para estruturas de concreto armado. Ainda de acordo com o autor, a desvantagem encontrada na utilização da madeira vem sendo o aumento significativo em seus preços, assim como o processo de produção artesanal que aumenta os prazos o que leva ao encaminhamento desse tipo de forma para uma espécie de industrialização mais especializada.

No tocante às vantagens da utilização desse tipo de material para as fôrmas dos elementos estruturais, Rocha Júnior (2022), reitera que o uso com recorrência ocorre pela familiaridade e capacitação da mão de obra, no que se refere ao manuseio e a execução dessas fôrmas, também por se tratarem de ferramentas mais simples e acessíveis ao dia a dia da obra. Acrescenta ainda que as chapas de madeira dispõem de versatilidade e fácil adaptação perante a construção, já que possibilitam a confecção das fôrmas numa variedade de dimensões, as quais serão analisadas e ajustadas de acordo com os elementos estruturais ou esquadrias, por exemplo.

Figura 3: Fôrma de madeira para um pilarete de fundação



Fonte: (FREITAS, JESUS, COSTA, SANTOS, 2015).

2.3. TIPOS DE FÔRMA EM MADEIRA

As fôrmas de madeira são as mais utilizadas na construção civil no Brasil, possuindo grande importância por poder ser usadas para a moldagem e concretagem das mais variadas estruturas de concreto (NAZAR, 2007). Podendo ser arranjadas ou pré-fabricadas no canteiro de obra, quando bem projetadas possui uma grande vantagem na adaptação e ajustes de formato, além de possuir resistência a carga do concreto fresco (NBR 15696:2009).

As madeiras mais empregadas para o sistema de fôrmas de madeira utilizadas no fundo e nos painéis laterais dos elementos que irá ser concretada, sendo as tábuas de cedrinho, pinho, jatobá e pinus (FREITAS, et al. 2015).

1. Tipos de madeira

1.2. Madeira serrada

As madeiras serradas são muito utilizadas na construção civil, podendo ser na forma de vigas, caibros, pranchões, pontaletes, sarrafos, tábuas e ripas. No entanto, para a confecção de fôrmas é utilizada a tábua comum (FREITAS, et al. 2015).

Segundo SOUZA (2018), para se tornar a madeira serrada as toras brutas de madeira passam pelo processo de ser transformadas em peças quadradas ou retangular por meio de processos industriais se tornando tábuas (Figura 4) já para ser usada como molde de fôrmas, geralmente com medidas de 10, 15, 20 e 30 centímetros de largura e uma polegada de espessura.

De acordo com LIMA (2018), o aproveitamento das peças de madeira serrada (Figura 5) é reduzido devido o molde absorver muita umidade, tornando-a rugosa e podendo ser reutilizada até 3 vezes, após isso a reutilização da mesma causa patologias nas estruturas. Esse tipo de forma tem baixa durabilidade, apresenta dificuldade no acabamento e é necessário bastante mão de obra. Sua utilização só é vantajosa quando utilizado em pequenas obras e reformas, por ter um baixo custo. (FARINHA, 2005)

Figura 4 – Tábuas de madeira serrada



Fonte: ECOTRAT (2022)

Figura 5 – Fôrmas de viga de madeira serrada

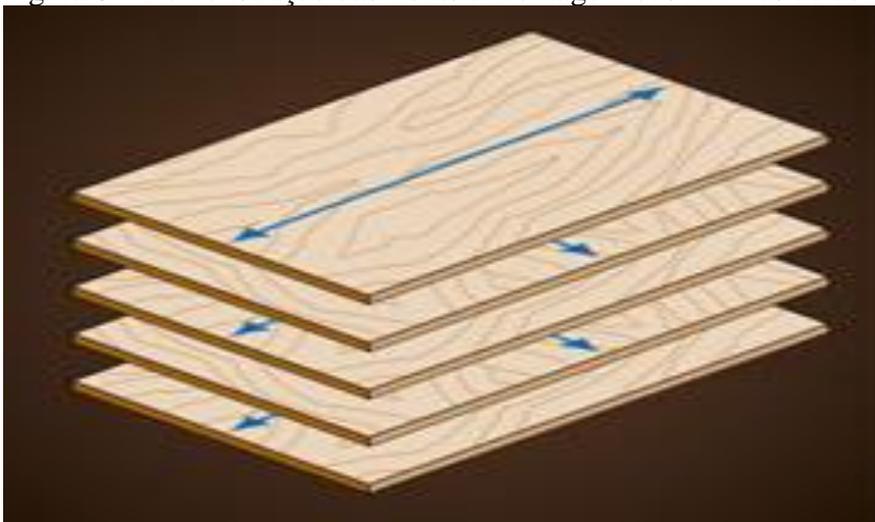


Fonte: Acervo próprio (2022)

1.3. Madeira compensada

A madeira compensada é a junção de finas camadas de madeiras leves de média densidade unidas através de cola ou adesivo de maneira perpendicular (Figura 6), para que uma compense a outra, gerando uma resistência mecânica e física em relação a madeira original (IPT, 2003).

Figura 6 – Demonstração das fibras e montagem das lâminas de compensado



Fonte: APA (2010)

Os painéis de compensado possuem algumas vantagens em relação a madeira serrada, pois possui a possibilidade de fabricar peças maiores e com menos defeitos, grande resistência nas fibras e com menor danificação ao ser cravado pregos. Porém seu custo é maior do que a madeira serrada, não podendo haver erros em corte para não ter grandes prejuízos (SANCHES, 2012).

1.4. Compensado resinado

O compensado resinado é bastante utilizado na construção civil, ele possui um tratamento de resina fenólica líquida menos eficiente em comparação com o compensado plastificado, mas ainda bastante funcional. Logo ao ser utilizado para o sistema de fôrmas seu contato com o concreto a resina vai sendo retirada, diminuindo a proteção e assim o seu reaproveitamento passa a ser reduzido para 4 á 5 vezes de reutilização (FREITAS, et al. 2015).

Figura 7 – Compensado resinado e Fôrmas de compensado resinado



Fonte: CasaMadeiros (2022)

Figura 8 – Fôrmas de compensado resinado



Fonte: Decorei (2022)

1.5. Compensado Plastificado

Os compensados plastificados são revestidos com uma resina fenólica bastante eficiente (Figura 9) que cria um filme, criando um acabamento estilo plástico que tem a função de um melhor fator de resistência e impermeabilização, permitindo que facilite a desforma do concreto de forma que permita um melhor acabamento (SOUZA, 2018). Logo, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMICI, 2012) o compensado plastificado pode ser usado mais de dez concretagens quando possui uma boa qualidade. Sendo bastante utilizado na fabricação das fôrmas de concreto aparente, pois possui o desempenho de obter superfícies lisas e regulares.

Figura 9 – Painéis de compensado plastificado e fôrmas montada de compensado plastificado



Fonte: CotaNet (2018)

Figura 10 – Fôrmas de compensado plastificado



Figura: Acervo próprio (2022)

2. Utilização das fôrmas

As formas são “[...] estruturas provisórias utilizadas para moldar o concreto fresco, resistindo a todas as ações provenientes das cargas variáveis resultantes das pressões do lançamento do concreto fresco até que o concreto se torne autoportante” (NBR15696: 2009, p.3) Segundo Ripper (1996) Formas têm como principal finalidade garantir que os elementos estruturais da obra sejam executados de acordo ao projeto e tenham a forma exata projetada. Existem vários tipos de formas que ao depender da sua utilidade pode haver variação do seu material como: madeira, mistas, metálicas, entre outras.

De acordo com Ripper (1996) o que indicam a melhor forma a ser utilizada em cada construção depende do tipo de estrutura que será construída podendo elas ser: Blocos e sapatas para fundação; Pilares; Vigas; Lajes; Cintas; Vigas paredes; Túneis; etc.

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 1943) determinou algumas técnicas básicas para utilização de fôrmas de madeira serrada em obras de estruturas de concreto. Nesse sistema, as indicações dos elementos básicos das fôrmas, dadas às diversas peças que as compõem são denominadas a seguir:

Painéis de laje, painéis de viga e painéis de pilar (a, b, e, f) - são elementos de superfícies planas, de dimensões variadas, formadas por tabuas de 2,5 em de espessura por 30,0cm de largura, ligadas por sarrafos de 2,5 em x 10,0 em ou por caibros de 7,5 em x 7,5cm (Figuras 11, 12e 13);

- Travessões (c) - são elementos de suporte dos painéis de laje, formados por caibros de 7,5 em x 7,5cm x 10,0 em que se apoiam nas guias (Figura 11);

- Guias (d)- são elementos de suporte dos travessões apoiados nas pernas (pê-direitos, escoras). São formadas de caibros de 7,5cm x 10,0 em ou tabuas de 2,5 em x 30,0 em caso em que se suprimem os travessões (Figura 11);

- Travessas de apoio (g)- são elementos fixados nas travessas verticais das faces das vigas (Figura 11), e se destinam a servir de apoio para as extremidades dos painéis das lajes, travessões e guias;

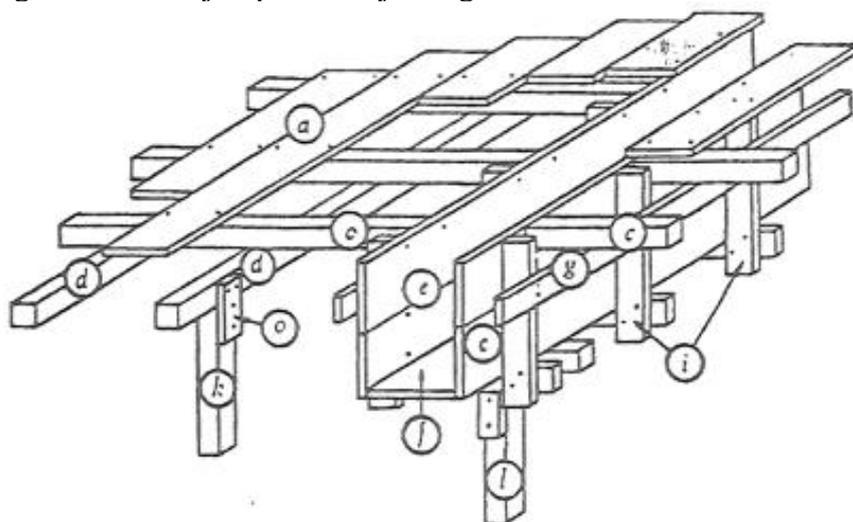
- Cantoneiras - são elementos triangulares pregados nos cantos internos das fôrmas para evitar cantos vivos em pilares e vigas;

- Gravatas (m)- são elementos de travamentos dos painéis de pilares e de vigas, destinados a resistir aos esforços atuantes devidos ao lançamento do concreto fresco na fôrma (Figura 12 e 13);

- Montantes (i)- são elementos destinados a reforçar as gravatas dos pilares (Figura 13). São formadas de caibros de 7,5cm x 7,5cm ou 7,5cm x 10,0 em e reforçam ao mesmo tempo várias gravatas. Os montantes, colocados em face opostas dos pilares, são ligados entre si por ferros redondos ou tirantes;

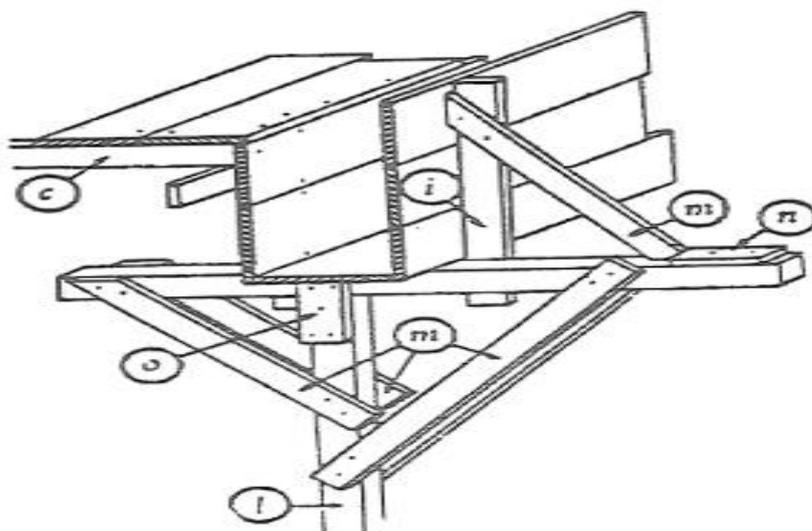
- Pé-direito (perna) (k)- são elementos de suporte dos painéis de laje, compostos por caibros de pinho de 7,5 em x 10,0 em (Figura 11);
- Pontaletes (pernas) (l)- são elementos de suporte dos painéis de fundo das vigas compostos por caibros de 7,5 em x 10,0 em (Figura 12);
- Escoras (mãos-francesas) (m)- são elementos inclinados que, trabalhando à compressão, impedem o deslocamento dos painéis laterais das fôrmas das vigas (Figura 12);
- Chapuz e tala (o)- são elementos compostos de sarrafos de 2,5 em x 10,0 em, usados como suporte e reforço na fixação dos elementos de escoramento, ou com o apoio dos extremos das escoras (Figuras 11 e 12), respectivamente; entre os elementos de escoramento e os painéis para que não haja deslocamentos durante o lançamento do concreto (Figura 11);
- Calços - elementos de madeira sobre os quais se apoiam os pontaletes e pés-direitos (pernas), por intermédio das cunhas e geralmente feitas de tabuas de 2,5cm x 30,0 cm. (Figura 11).

Figura 11 - arranjo típico de laje e viga



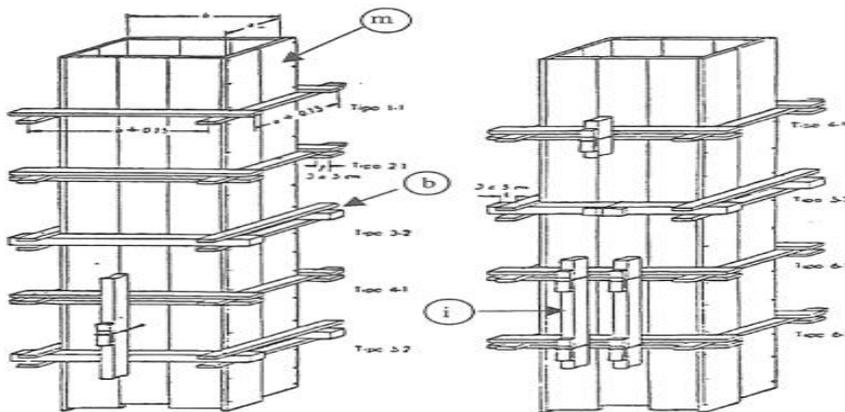
Fonte: ABCP (1943)

Figura 12 - arranjos de painéis de viga



Fonte: ABCP (1943)

Figura 13 - arranjos de pilar com gravatas e montantes

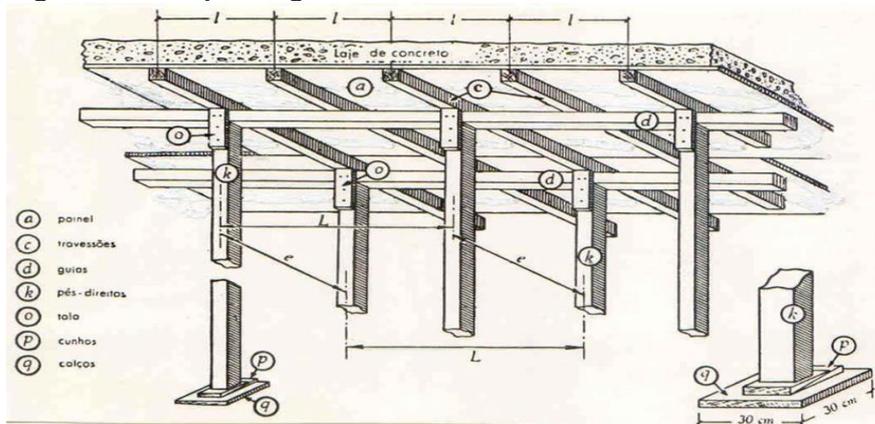


Fonte: ABCP (1943)

3. Elementos das fôrmas

Para que seja possível considerar de fato uma fôrma, somente as tábuas de madeira não são suficientes apesar de vários componentes serem feitas da mesma. Segundo Teixeira (2018) possuem diferentes tamanhos e utilizações, como pode ser visualizado na Figura 14.

Figura 14 – Esquema gráfico de uma fôrma



Fonte: Azeredo (1987)

Todos estes moldes e suportes só podem ser removidos mediante a cura do concreto ou seu endurecimento para que possa dar continuidade a outras atividades sem interferir na estrutura. É preferível que a desforma aconteça por equipes capacitadas progressivamente de modo que não aja trincas, fissuras ou até mesmo danos nas fôrmas e no concreto. Pois, segundo Fajersztajn (1987) é o que está diretamente em contato com o concreto que determina o seu formato e a sua textura solicitado pelo projeto estrutural.

O escoramento (cimbramento), é um dos suportes que também podem ser feitos pela própria madeira e que são usados para suportar a tensão que a estrutura exerce no molde para determinados pontos que são instalados no solo. Conforme Fajersztajn (1987) na estrutura de concreto próxima da que está sendo montada.

Por tanto, para que toda essa execução ocorra de forma adequada, firme, alinhada e com a locação exata é necessário também o uso de alguns acessórios como: prumo, sarrafos de pé de-pilar, cunhas, pregos, arames recozidos trançados ou até mesmo ganchos feito in loco (JUNIOR, 2005).

Figura 15 – Elementos da fôrma



Fonte: Acervo próprio (2022)

Além disso, um dos elementos de suma importância, mas pouco mencionado, são os espaçadores (Figura 16), peças que separam a ferragem em contato direto com as chapas de madeira, pois é necessário o cobrimento adequado das ferragens dos pilares, e assim seja feito de forma correta para que não ocorra patologias futuras e corrosão por agentes externos, já que a NBR 6118 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2002, p.20) estabelece cobrimentos mínimos para vigas, pilares e lajes.

Figura 16 - Espaçadores



Fonte: Acervo próprio (2022)

2.4. CUIDADOS COM AS FÔRMAS

A operação de preparação das formas envolve alguns cuidados especiais antes mesmo da concretagem propriamente dita, é fundamental que as fôrmas estejam limpas, sem qualquer fragmento de terra ou outro tipo de material na estrutura, visto que é um dos componentes mais importantes do sistema, é crucial que ela seja mantida em bom estado para que se obtenha o melhor resultado possível (CORREIA, 2009).

O nivelamento é sempre essencial em qualquer fase de uma obra. Se houver qualquer desnível antes da concretagem é inevitável que a estrutura fique enviesada. As estruturas de concreto que geralmente são confeccionadas no local da obra exigem grande atenção nas suas dimensões e alinhamentos, após concretagem não é possível mudar suas posições/angulações. Com o auxílio de ferramentas específicas como, por exemplo, prumo, nível e régua são

possíveis de validar o alinhamento. A análise visual, embora não seja totalmente precisa, também pode ajudar a encontrar irregularidades na estrutura que será concretada (NAZAR, 2007).

Outro cuidado importante é no escoramento das formas, não pode haver movimentação das fôrmas durante o processo de concretagem para que não haja vazamentos e para que a desforma seja feita sem dificuldade, garantir também que os espaçadores consigam separar a armação das fôrmas, de modo que o concreto consiga envolver todo o aço. O peso do concreto deve ser considerado na hora de dimensionar o espaçamento entre as escoras para evitar o surgimento de ondulações na forma, prejudicando assim as dimensões do elemento de concreto, principalmente no escoramento das lajes onde o peso da estrutura de concreto é elevado (SALVADOR, 2013).

4. METODOLOGIA

Este trabalho teve como finalidade a realização de um estudo com o objetivo de fazer análises técnicas acerca das fôrmas de madeira em obras. Realizando estudos exploratórios, descritivos e explicativos.

O levantamento de dados foi feito através de pesquisas bibliográficas apresentando os métodos utilizados de fôrmas para construções em concreto armado, suas características, vantagens, desvantagens e aplicações. Trazendo em forma de tabelas junto à argumentação e discussão dos fatores mais relevantes como comparativos e a escolha da espessura do compensado conforme Tabela 2. Cada espessura possui diferentes propriedades físicas e mecânicas, que interferem diretamente nos resultados de compressão por exemplo.

Operando também um levantamento qualitativo e de custos no sistema de fôrmas, visando demonstrar qual material apresentará maior viabilidade econômica e construtiva, levando em consideração os cuidados com nivelamento e escoramentos das formas. Unindo informações de reflexões teóricas e empíricas de diversos autores, exigindo um referencial bibliográfico relativamente extenso.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizado análises e pesquisas científicas sobre a utilização da madeira serrada e o compensado resinado e plastificado nas fôrmas da construção civil. Logo, sendo observado e realizado um comparativo das vantagens e desvantagens de cada, seus custos e reutilizações.

A Tabela 1 e 2 demonstra as medidas de tábuas de madeira serrada e placas de compensado mais encontradas no mercado.

Tabela 1: Medidas da madeira serrada de Cedrinho

MEDIDAS CM (LARGURA X ESPESSURA)	COMPRIMENTO EM METROS	DESCRIÇÃO
30 x 2,5	1,00 à 6,00	Tábua
25 x 2,5	1,00 à 6,00	Tábua
20 x 2,5	1,00 à 6,00	Tábua
15 x 2,5	1,00 à 6,00	Sarrafo
15 x 2,5	1,00 à 6,00	Sarrafo
7 x 2,5	1,00 à 6,00	Sarrafo
5 x 2,5	1,00 à 6,00	Ripão
5 x 1,5	1,00 à 6,00	Ripão

Fonte: Adaptado PIASSA (2022)

Tabela 2: Medidas de compensados

MEDIDAS CM (LARGURA X ESPESSURA)	COMPRIMENTO CM	DESCRIÇÃO
110 x 0,06	220	Placa
110 x 0,10	220	Placa
110 x 0,12	220	Placa
110 x 0,14	220	Placa
110 x 0,18	220	Placa
110 x 0,20	220	Placa

Fonte: Adaptado NeoIpsum (2020)

A Tabela 3 evidencia uma média do custo unitário dos materiais e dos tamanhos que são mais procurados no mercado, sendo a madeira serrada de pinus, compensado resinado e plastificado. No qual, tem o objetivo de mostrar apenas um comparativo dos materiais, levando à análise e confronto de viabilidade em relação a preços. Os valores demonstrados foram uma média de custos baseados em pesquisas de lojas online em todo o Brasil e lojas físicas.

Tornando notório que o compensado plastificado tem um maior custo em relação as outras madeiras utilizadas nas fôrmas.

Tabela 3: Média de custo unitário dos materiais

MATERIAL	MEDIDAS	VALOR
Madeira serrada de pinus	25mm 0,30x3,00	R\$ 52,60
Compensado resinado	6mm 2.20x1.10m	R\$ 80,00
Compensado plastificado	13mm 2.20x1.10m	R\$ 201,69

Fonte: Autoria própria (2022)

A Tabela 4 mostra a parte mais importante da análise da pesquisa, a real diferença do custo e benefício dos materiais, assim foi feito o comparativo das reutilizações, vantagens e desvantagens de cada madeira.

Tabela 4: Comparativo dos materiais

TIPOS DE MADEIRAS	REUTILIZAÇÃO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
SERRADA	3 vezes	Baixo custo.	Baixa durabilidade; Dificuldade no acabamento; Muita mão de obra.
COMPENSADA RESINADA	4 Á 5 vezes	Grande resistência; Bom acabamento.	Custo maior do que a madeira serrada; Menos eficiente em comparação com a plastificada.
COMPENSADA PLASTIFICADA	10 vezes	Maior fator de resistência e impermeabilização; Melhor acabamento com superfícies lisas e regulares.	Custo alto

FONTE: Autoria própria (2022)

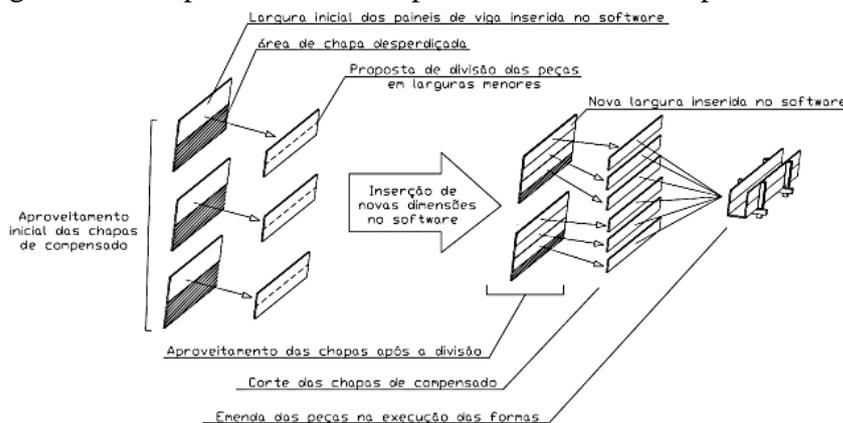
Chegando a uma observação que ao comparar os custos da Tabela 3 é elevada a diferença, deixando evidente o baixo custo da madeira serrada e o auto custo dos compensados. Porém a levar em comparação com Tabela 4, partindo do número reutilizações as chapas de

compensado a sua trabalhabilidade e qualidade no serviço, permite a concluir que a sua utilização é financeiramente mais vantajosa do que as tábuas de madeira serrada em relação a grandes obras.

As propriedades mais importantes das madeiras utilizados para moldes são: Resistência, rigidez, acabamento e economia, em função do custo inicial e sua durabilidade para reutilizações. Nesse sentido, os painéis compensados têm maiores vantagens que a madeira serrada ficando em desvantagem apenas no quesito economia, por ter um custo mais elevado. De acordo com Sanches (2012), a possibilidade de fabricação de peças com maiores dimensões e defeitos limitados, a diminuição de trincas na cravação de pregos e resistência elevada normalmente as fibras, são vantagens que os painéis de compensado têm sobre a madeira serrada. Porém, por apresentarem um consumo de material mais elevado que as madeiras serradas, os painéis ficam em desvantagem, sendo fundamental ter cuidados para evitar perdas e utilizar o material de modo coerente.

“Um fator de grande contribuição para que se consiga a reutilização bem sucedida das chapas de compensado é o seu emprego em edificações projetadas com repetição de pavimentos, pois assim os elementos estruturais possuem praticamente as mesmas dimensões e disposição” (Souza, 2018, p.64). Assim, podem ser reutilizados peças do mesmo tamanho em vários elementos estruturais diferentes de mesmas dimensões, sendo necessário apenas a remoção e relocação de elemento para elemento. No entanto, para que as tomadas de decisão envolvendo a escolha da madeira serrada e madeiras compensada para o uso de formas em estruturas de concreto armado sejam assertivas, além de conhecer as peculiaridades das técnicas e produtos disponíveis, é necessário levar em conta as particularidades de cada obra. (SOUZA, 2018).

Figura 17 – Proposta de melhor aproveitamento das chapas



Fonte: HBS (2018)

No entanto, deve-se salientar que para muitas empresas ainda é um desafio o uso do compensado plastificado, pelo fato de desperdícios com cortes errados. Porém, para ser realizado os cortes das fôrmas deve ser seguidos o projeto com atenção elaborando um plano de cortes (Figura 17) para que permita a utilização adequada do material evitando grandes desperdícios.

Os resultados obtidos levam a possível conclusão que as chapas de compensado pode não ser tão viável para obras de pequeno porte que utilizam fôrmas individuais uma única vez, passando a ser as tábuas de madeira serrada a melhor escolha. Ao contrário das empresas de construção civil, que executam várias obras, tornando o compensado principalmente o plastificado a melhor alternativa e mais viável, pois mesmo com seu alto custo a reutilização e redução no tempo de execução dos serviços permite a economia financeira e material.

6. CONCLUSÕES

O trabalho exposto, através das pesquisas bibliográficas e análises realizadas, impõem que o sistema de fôrmas, mesmo que sendo uma estrutura provisória, deve ser dimensionada e planejada de acordo com o projeto, a fim de ter excelência na execução da concretagem.

Tendo um custo razoável para construção de empreendimentos, a mais usada em empresas de pequeno porte principalmente por melhor custo-benefício, manuseio e acessibilidade no dia a dia, são os modelos de pinho, jatobá e pinus. Conclui-se também que é mais vantajoso o uso de painéis compensados do que os de madeira serrada devido a sua fabricação em maiores dimensões e com menos defeitos, além da sua resistência.

As fôrmas que ainda são executadas com métodos primitivos a partir, exclusivamente, da experiência profissional por grande parte dos mestres de obras. Para que toda essa execução ocorra de forma adequada, firme, alinhada e com a locação exata é necessário também o uso de alguns acessórios como o prumo, sarrafos, cunhas, pregos, arames recozidos trançados ou até mesmo ganchos feito in loco.

Para a maioria das construções, principalmente de pequeno porte, a fôrma executada com madeira continuará sendo mais utilizada, devido seu preço, e por ser mais conhecida das empresas e dos profissionais, mas para um bom desempenho do projeto, deverão ser analisadas as vantagens de cada metodologia existente no mercado, sua aplicação de acordo com a necessidade da obra e seu custo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter nos dado oportunidades, força de vontade e coragem para superar todos os desafios ao longo da nossa caminhada...

A nossas famílias, em especial nossos pais por todo amor, paciência, compreensão, apoio e incentivo...

A nossa orientadora prof.(a) Camila Prinz, pelas conversas, conhecimentos compartilhados e todas as considerações feitas...

Todos os nossos amigos, pela compreensão das ausências, pelo companheirismo e por tornarem essa jornada mais leve, agradável e divertida...

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da nossa formação.

Muito obrigado!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, L. O. C. FREIRE, T. M. **Tecnologia e gestão de sistemas construtivos de edifícios**. São Carlos: UFSCAR, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Fôrmas**. Disponível em: http://www.dptoce.ufba.br/construcao1_arquivos/F%F4rmas_ABCP.pdf. Acesso em 20 de maio de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 238. 2014

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CONCRETO PORTLAND (ABCP). **Fôrmas de madeira para concreto armado em edifícios comuns**. Boletim técnico no 50, ABCP, São Paulo, 1943.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Guia Orientativo Abimci para Classificação e Uso de Chapas de Compensado Plastificados – nº1**. Curitiba. ABIMCI, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos. NBR 15696:2009**.

CALIL JUNIOR, C. **Fôrmas de madeira para concreto armado – SET 613 Complementos de estruturas de madeira**. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2005.

CORREIA, Emanuel A. S. **Análise e dimensionamento de estruturas de madeira**. Porto: Universidade do Porto, 2009.

FARINHA, Renato Brazão. **Estudo comparativo de custos e racionalização de fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto em conjuntos residenciais**. 2005. 88 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil com ênfase em Ambiental) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo-SP.

FREITAS, A. N. JESUS, B. S. COSTA, J. F. SANTOS, T. S. **Sistemas de fôrma para estruturas de concreto armado: Estudo de caso com utilização de fôrma metálica perdida**. Serra: Faculdade Capixaba da Serra, 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil).

HOLLERSCHMID, M. **Utilização de fôrmas na construção de edifícios**. São Paulo: Universidade Anhembi Morumbi. 2003. Trabalho de Conclusão de Curso.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISA E TECNOLOGIA. **Madeira: Uso sustentável na construção civil**. SindusCon. São Paulo, 2003.

JUNIOR, Carlito. **Set 613 – Fôrmas de madeira para concreto armado**. São Carlos: Universidade de São Paulo. 2005. Disponível em: <
<http://repositorio.eesc.usp.br/bitstream/handle/RIEESC/7380/F%C3%B4rmas%20de%20madeira%20para%20concreto%20armado.pdf?sequence=1>> Acesso em 27 de maio de 2022.

LIMA, Maycon Ro Rosevett Ferreira. **Estudo Comparativo Do Uso de Fôrmas Para Concreto Armado Na Cidade De Palmas – To**. 2018. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP, Palmas-TO.

MAGALHÃES, G. M. **Fôrmas para concreto: Subsídios para otimização do projeto segundo a NBR 7190/97**. 2000. 226 f. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

MOLITERNO, A. **Escoramentos, Cimbramentos, Formas para Concreto e Travessias em Estruturas de Madeira**. São Paulo. Edgard Blucher Ltda, 1989.

NAZAR, N. **Fôrmas e escoramentos para Edifício: critérios para dimensionamento e escolha do sistema 1**. Ed. São Paulo: Pini, 2007. Disponível em <<http://www.openvix.com.br/#/quickjet>> Acesso em: 15 mai. 2022.

PAESE, M. C. B. **Análise de sistemas construtivos em madeira implantados na região de Curitiba - Paraná**. 160 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

REZENDE, R. B. **Uma visão sobre o uso de fôrmas e escoramentos em cidades de grande, médio e pequeno porte do Brasil central e as novas diretrizes normativas**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

RIPPER, E. **Manual prático de materiais de construção**. São Paulo: Pini, 1995. 253p.

ROCHA JUNIOR, W. **Análise comparativa entre os métodos construtivos de execução de vedações verticais com concreto armado moldado in loco e convencional com bloco cerâmico**. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2022. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil).

SALGADO, J.C. P. **Técnicas e práticas construtivas: da implantação ao acabamento**. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

SALVADOR, Paulo F. **Investigação teórica e experimental da transferência de cargas entre pavimentos de concreto escorados**. Porto Alegre: UFRGS, 2013.

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

SOUZA, H. B. **Análise comparativa entre a utilização de chapas de compensado e madeira serrado na execução de fôrmas de vigas e pilares de concreto armado**. 2018, 53p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/187905/TCC_HUGO_BRITO_DE_SOUZA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 05 de maio de 2022.

TEIXEIRA, L. T.; Guedes, M. D. **Representatividade do sistema de fôrmas de madeira em superestruturas de concreto armado**. Santos: Universidade Santa Cecília, 2018 44p. Monografia TCC (Bacharel em Engenharia Civil).