

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

OLAVO MENDES VALENTINI

**UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS E MISTAS PARA CONCRETO ARMADO:
ASPECTOS EXECUTIVOS E ECONÔMICOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

OLAVO MENDES VALENTINI

**UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS E MISTAS PARA CONCRETO ARMADO:
ASPECTOS EXECUTIVOS E ECONÔMICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica do Paraná (UTFPR) - Câmpus Pato Branco.

Orientador: Prof.Dr. Volmir Sabbi

PATO BRANCO

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS METÁLICAS E MISTAS PARA CONCRETO ARMADO: ASPECTOS EXECUTIVOS E ECONÔMICOS

OLAVO MENDES VALENTINI

No dia 19 de junho de 2018, às 10h20min, na SALA DE TREINAMENTOS da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, este trabalho de conclusão de curso foi julgado e, após arguição pelos membros da Comissão Examinadora abaixo identificados, foi aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR conforme Ata de Defesa Pública nº 11-TCC/2018.

Orientador: Prof. Dr. VOLMIR SABBI (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 1 da Banca: Prof. Dr. JAIRO TROMBETTA (DACOC/UTFPR-PB)

Membro 2 da Banca: Prof^a. Dr^a. MARIVONE ZANELLA FANK (DACOC/UTFPR-PB)

RESUMO

Uma das abordagens existentes no setor de construção civil para se atingir o objetivo de maior eficiência e produtividade, é a de utilizar tecnologias, ligadas a métodos e materiais, que comprovadamente possam aprimorar as práticas construtivas, acelerando cronogramas de obra e reduzindo custos. O presente trabalho consiste da análise de uma tecnologia em específico, o uso de fôrmas metálicas em estruturas de concreto, focada em produtividade e custos, para posterior comparação com o sistema convencional de fôrmas de madeira. O estudo foi feito através de pesquisa de campo, acompanhando uma obra de infraestrutura no município de Bombinhas-SC. São medidos valores de produtividade diária e custos do sistema usado, para posterior comparação do mesmo serviço, utilizando fôrmas de madeira. A pesquisa é complementada por entrevistas informais com os envolvidos no processo construtivo, entre mão-de-obra, mestres de obra e encarregados.

Palavras-chave: Produtividade, Fôrmas metálicas, Processos construtivos

ABSTRACT

One of the existing approaches, within the field Civil Construction, to reach greater efficiency and productivity, is to make use of Technologies, linked to building methods and materials, that are proven to improve construction techniques, speeding up scheduled activities and reducing costs. The presente paper consists in the analysis of a specific technology, namely, the use of metallic concrete formwork, focused on productivity and costs, to a posterior comparison between the analised sistem and the wooden concrete formwork. The study was conducted through field research, following the construction of a infraestructure enterprise, at Bombinhas-SC. Data were collected on daily productivity, along with the costs of the applied formwork system, and a further comparison between the described activity and a theoretical simulation of the same activity, using wooden formwork. The research is complemented by informal interviews with the employees, including those responsible for manpower aswell as contractors.

Key words: Productivity, Metallic formwork, Constructive processes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema ilustrando a interação dos componentes de um sistema de fôrmas	15
Figura 2: Esquema representando o conjunto de componentes da fôrma de um pilar	16
Figura 3: Esquema representando a interação dos elementos de cimbramento.....	17
Figura 4 - Elementos constituintes do sistema de fôrmas e suas respectivas funções	18
Figura 5: Fôrmas de madeira serrada	19
Figura 6: Escoras de madeira bruta	19
Figura 7: Fôrmas para pilares com molde em compensado plastificado.....	20
Figura 8: Moldes de plástico liso	21
Figura 9: Moldes para laje nervurada.....	21
Figura 10: Reforço metálico dos painéis	22
Figura 11: Painel completo visto pelo fundo.....	23
Figura 12: Aprumadores apoiando fôrmas de pilar	25
Figura 13: Escoras metálicas com pés quadrados.....	26
Figura 14: Diferentes tipos de quadros	27
Figura 15: Painéis de 90x90 empilhados	27
Figura 16: Porcas metálicas	28
Figura 17: Clips metálico	28
Figura 18: Luva metálica	29
Figura 19: Braçadeiras prendendo tubos para criar um guarda-corpo.....	29
Figura 20: Guarda-corpos de tubos.....	30
Figura 21: Cornetas apoiando quadros de andaimes.....	31
Figura 22: Bases metálicas roscáveis	31
Figura 23: Barra de ancoragem roscada.....	32
Figura 24: Cruzetas parafusadas a quadros de andaimes.....	33
Figura 25: Vista em planta da estrutura	34
Figura 26: Vista em corte da estrutura	34
Figura 27: Painéis reforçados com perfis metálicos	35
Figura 28: Barras de ancoragem prontas para uso	37
Figura 29: Travamento de painel inferior com barras de aço	37

Figura 30: Passarelas sobre torres de andaimes	38
Figura 31: Montagem de uma torre de andaime para escoramento de laje	39
Figura 32: Painéis de madeira confeccionados em obra para fechamento de vãos .	40
Figura 33: Cantoneira interna ligando dois painéis	41
Figura 34: Composição da TCPO usada na comparação	44
Figura 35: Vazamento no encontro de painéis desalinhados	51
Figura 36: Irregularidades no concreto devido a avarias nas fôrmas	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo da produção e produtividade diária	42
Tabela 2: Variação da produtividade considerando fabricação e montagem das fôrmas	45
Tabela 3: Variação da produtividade considerando apenas o tempo de montagem .	46
Tabela 4: Horas equivalentes necessárias para execução do serviço usando o método convencional	47
Tabela 5: Custos do sistema de fôrmas metálicas	48
Tabela 6: Custos simulados para o sistema de fôrmas de madeira	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	FÔRMAS PARA CONCRETO	14
2.2	SISTEMA DE FÔRMAS	14
2.2.1	Molde	15
2.2.2	Cimbramento.....	16
2.2.3	Acessórios.....	17
2.3	FÔRMAS DE MADEIRA	18
2.3.1	Madeiras em bruto	19
2.3.2	Madeiras industrializadas.....	20
2.4	FÔRMAS PLÁSTICAS	20
2.5	FÔRMAS METÁLICAS.....	22
2.5.1	SISTEMA MISTO DE AÇO-MADEIRA	22
3	MÉTODO DE TRABALHO.....	24
3.1	CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO	24
3.1.1	Cimbramento.....	25
3.1.2	Painéis	27
3.1.3	Acessórios.....	28
3.1.4	Travamentos	32
3.2	PROCESSO CONSTRUTIVO PARA FÔRMAS METÁLICAS OU MISTAS	33
3.2.1	Estrutura Analisada.....	33
3.2.2	Condições Iniciais	34
3.2.3	Montagem de Fôrmas Para a Laje de Fundo (Piso)	35
3.2.4	Montagem das Fôrmas para as Paredes	36
3.2.5	Montagem dos andaimes	38
3.2.6	Escoramento das Fôrmas	39
3.2.7	Fechamento de Vãos	40
4	COMPARAÇÕES DO SISTEMA METÁLICO CONTRA O SISTEMA CONVENCIONAL	41
4.1	PRODUTIVIDADE	41

4.1.1	Montagem das Fôrmas	42
4.1.2	Comparativo com a composição da TCPO	44
4.2	GANHOS DE CRONOGRAMA.....	46
4.2.1	Montagem das Fôrmas	46
4.3	CUSTOS	48
4.4	OBSERVAÇÕES GERAIS.....	50
5	Conclusão	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil é responsável por grande parte do Produto Interno Bruto (PIB) do país, movimentando a economia com produtos e serviços de grande valor. No ano de 2014, o setor foi responsável por 6,2% do PIB nacional. Se incluída a produção de materiais de construção, esse número sobe para 11,3% (IBGE, 2014).

As estruturas de concreto armado correspondem em média a 20% do custo total da construção. Dentro desta percentagem, é dito que aproximadamente 25% a 30% do valor da estrutura corresponde aos gastos com o sistema de fôrmas (NAZAR, 2007; NEIVA NETO, 2014). No entanto, apesar de bastante representativo no custo final de uma obra, e da grande variedade de sistemas de fôrmas disponíveis no mercado, a escolha do tipo de fôrma pode acabar sendo baseada apenas no comodismo ou familiaridade da empresa e funcionários com o método, fazendo pouco uso de informações técnicas mais aprofundadas.

Este processo de tomada de decisão pode ser mais bem elaborado, seguindo um dos principais preceitos da engenharia, de buscar a solução mais eficiente para os problemas apresentados. A eficiência é definida pelo uso dos recursos disponíveis de forma a obter o melhor resultado, de acordo com os objetivos de cada obra. A tomada de decisão deve ser, portanto, pautada não apenas em experiência no canteiro de obras, embora esta seja de extrema importância, mas também em critérios técnicos que justifiquem a preferência de um tipo de sistema de fôrmas a outro.

Fazendo o uso de dados teóricos e medidas em campo, é possível determinar características de cada tipo de sistema de fôrmas, que podem auxiliar o construtor na tomada de decisão, como o tempo médio de execução, custo de material e mão-de-obra, número médio de reutilizações, índices de desperdício, entre outros.

Este trabalho tem por objetivo compreender e descrever de forma detalhada o método construtivo do sistema de fôrmas de perfil metálico com chapas de compensado plastificado, analisar empírica e teoricamente este sistema, considerando o tempo de execução, desperdício de materiais e custos em geral, através de planilhas orçamentárias, para então comparar os dados obtidos com o sistema convencional de fôrmas de madeira. Isto será feito usando dados e

observações feitas numa obra de infraestrutura. A obra analisada será a Estação de Tratamento de Água de Bombinhas-SC.

Este trabalho tem como objetivo geral, o de compreender o método construtivo que envolve fôrmas de perfil metálico com chapas de compensado plastificado, quantificando suas características relacionadas aos custos e produtividade e, então, comparar esses com o sistema de fôrmas convencional.

O trabalho tem como objetivos específicos:

- Descrever em detalhes o processo de montagem de um conjunto de fôrmas metálicas;
- Realizar medições de produtividade *in loco*, a fim de verificar eficiência para montagem;
- Levantar os custos de material e mão de obra;
- Comparar os custos levantados e a composição base para montagem e desmontagem com valores teóricos;
- Entrevistar alguns dos funcionários, para obter as impressões subjetivas dos montadores e carpinteiros sobre o sistema.

Por se correlacionar em vários aspectos com um meio de produção artesanal, a construção civil brasileira ainda sofre com muitos fatores de desperdício que não são controlados e muitas vezes nem ao menos são identificados. Para contrapor essa situação, a tecnologia relacionada aos processos construtivos envolvidos em cada etapa de obra tem grande potencial de padronizar os métodos executivos e materiais. Esses elementos de tecnologia exigem maior capacitação técnica para sua aplicação, ao mesmo tempo que possibilitam a execução de uma atividade com menor uso de recursos, principalmente mão-de-obra e materiais. Essa produção mais eficiente pode ser alcançada através de inovações, tanto nas metodologias envolvidas nas etapas de construção, quanto no aprimoramento dos materiais empregados, quanto nos equipamentos e máquinas utilizados para desenvolver tais atividades.

Neste cenário, entram os sistemas de fôrmas para concreto. De acordo com a NBR 15696, as fôrmas são responsáveis por manter concreto em estado fresco na

posição desejada até a cura parcial do mesmo. As fôrmas, que comumente eram feitas de madeira, agora assumem diversos formatos, e são compostas por diferentes materiais. Destas mudanças em suas características físicas, surgem novos métodos de utilização, cada um com vantagens e desvantagens em relação aos demais (MARANHÃO, 2000).

Porém, de acordo com Nazar (2007) é necessário que os estudos técnicos acompanhem essas mudanças. Caso isto não ocorra, os processos de decisão para a escolha do tipo de fôrmas para uma obra podem ficar relegados apenas à experiência e familiaridade com o uso de determinado tipo de sistema de fôrmas.

Este trabalho tem por objetivo, através da pesquisa de campo em uma obra de infraestrutura, compreender o método construtivo que envolve as fôrmas com perfil metálico e chapas de madeira. O método de estudo será de identificar as vantagens e desvantagens provenientes do uso do sistema, e então levantar características como o seu custo médio por metro quadrado e a produtividade de montagem, que consome grande parte do tempo relacionado a execução da estrutura (MARANHÃO, 2000), para comparar com valores na literatura orçamentária atribuídos ao sistema convencional de fôrmas, possibilitando inferências embasadas em critérios técnicos e econômicos para sua aplicação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FÔRMAS PARA CONCRETO

A NBR 15696 (ABNT, 2009) define fôrmas como sendo estruturas provisórias que servem 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. Também é importante que as fôrmas sejam capazes de resistir à carga variável decorrente de trânsito de operários durante a execução da obra.

A Norma traz ainda alguns requisitos para os projetos de fôrmas, dentre eles a especificação dos materiais utilizados, definição do posicionamento dos elementos utilizados e detalhamentos com plantas, cortes, e demais detalhes, a fim de evitar dúvidas na correta execução das fôrmas. É possível se construir um sistema de fôrmas usando principalmente apenas um material, ou também com a combinação de dois materiais, criando os chamados sistemas mistos. Não é comum a combinação de mais de dois tipos de materiais na execução de trabalhos em fôrmas (NAZAR, 2007).

2.2 SISTEMA DE FÔRMAS

De acordo com Freire e Souza (2001), um sistema de fôrmas consiste em uma combinação harmônica de componentes, com o objetivo de atender às seguintes funções:

- moldar o concreto fresco;
- manter o concreto, sustentando o mesmo até que este atinja a resistência desejada;
- propiciar a textura requerida nas faces do concreto;
- permitir a colocação das armaduras na posição desejada, com os cobrimentos necessários, através do uso de espaçadores;

- permitir a colocação de elementos das instalações e outros itens embutidos nas posições necessárias;
- servir de estrutura provisória para as atividades de armação e concretagem, resistindo às cargas de peso próprio e utilização, permitindo trabalho e traslado seguros;
- proteger o concreto novo contra choques mecânicos; e
- reduzir a perda de água, facilitando a cura do concreto.

Para atender a estas funções, um sistema de fôrmas conta com diversas peças, que podem ser categorizadas por suas funções, como apresentado na figura 01:

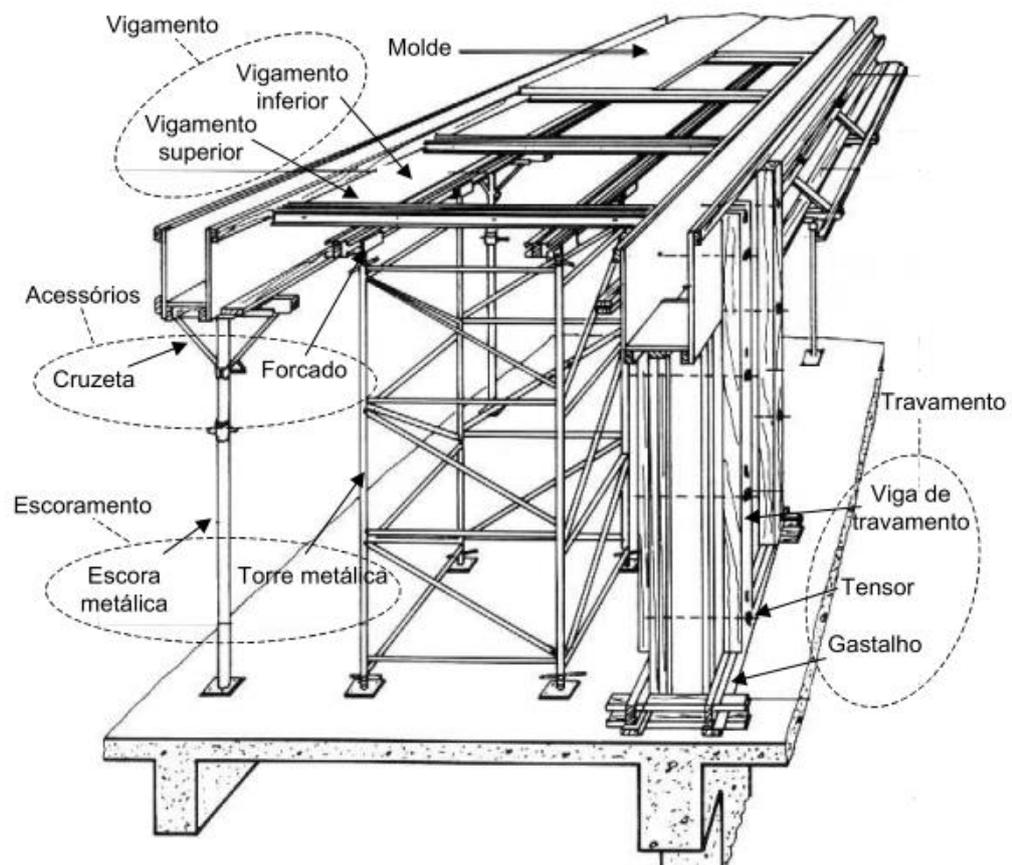


Figura 1: Esquema ilustrando a interação dos componentes de um sistema de fôrmas
Fonte: Freire e Souza (2001)

2.2.1 Molde

É o elemento do sistema que fica em contato com o concreto, dando forma ao mesmo. É usualmente composto de painéis, sendo estes posicionados normalmente na vertical (para dar forma à laterais de vigas, pilares e paredes de concreto) ou na

horizontal (para dar forma à lajes e fundos de vigas). Um exemplo de utilização de moldes é apresentado na figura 02:

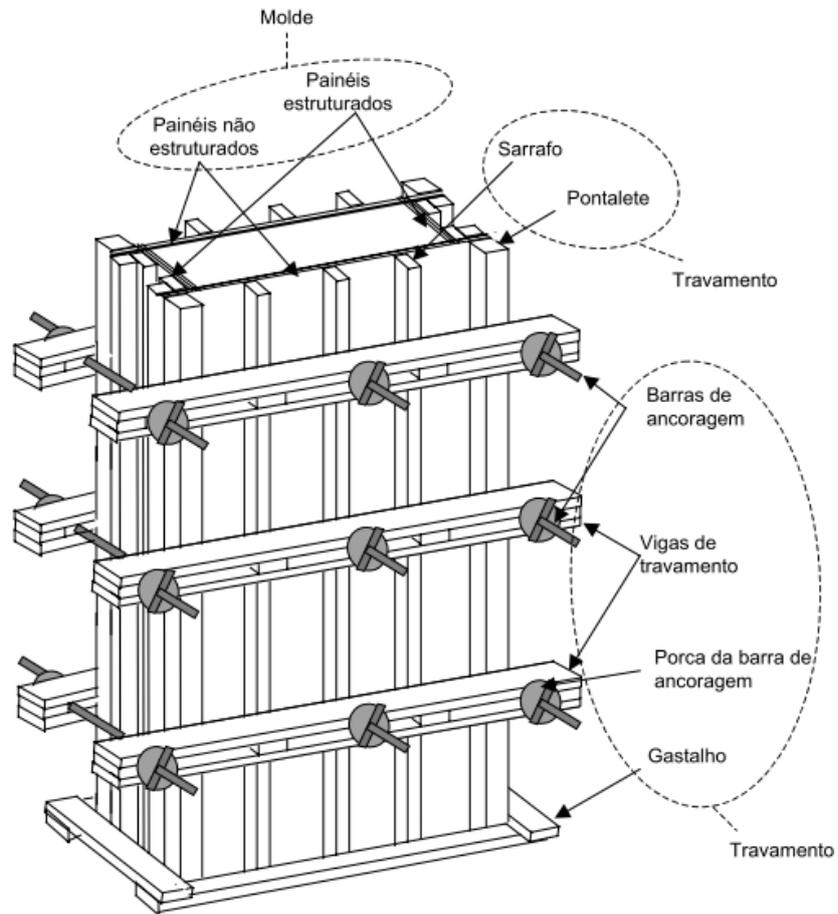


Figura 2: Esquema representando o conjunto de componentes da fôrma de um pilar

2.2.2 Cimbramento

O Cimbramento é composto por elementos que recebem e/ou suportam as cargas atuantes no sistema de fôrmas.

2.2.2.1 Vigamento

Definido pelo conjunto de elementos horizontais que sofrem esforços de flexão, e servem de apoio para os moldes, garantindo estabilidade e distribuindo as cargas para o escoramento, de forma análoga às vigas de uma estrutura.

2.2.2.2 Escoramento

Conjunto de elementos que eleva e mantém os moldes, propiciando a estabilidade no eixo vertical, resistindo a cargas axiais, de forma análoga aos pilares de uma estrutura. Uma forma de interação dos escoramentos com o vigamento é apresentada na figura 03:

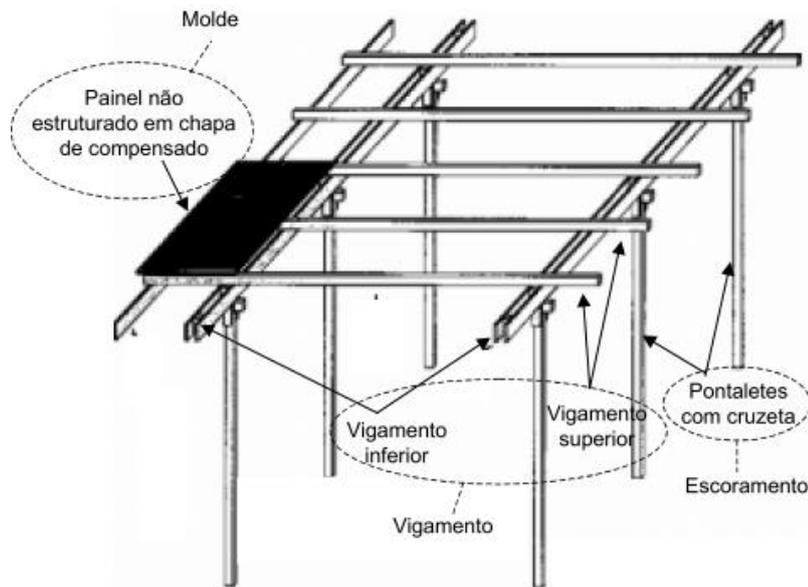


Figura 3: Esquema representando a interação dos elementos de cimbramento

2.2.3 Acessórios

Conjunto de peças que atuam indiretamente nas funções do sistema de fôrmas, auxiliando no funcionamento dos elementos anteriores, potencializando suas funções, melhorando sua estabilidade, ou ainda propiciando traslado e condições de trabalho seguras para os envolvidos.

Dois exemplos ilustrativos de acessórios são os forcados, que aumentam os pontos de apoio e travamentos das escoras, e os guarda-corpos, que reduzem os riscos relacionados a quedas.

O diagrama mostrado na figura 04 sintetiza as categorias descritas anteriormente.

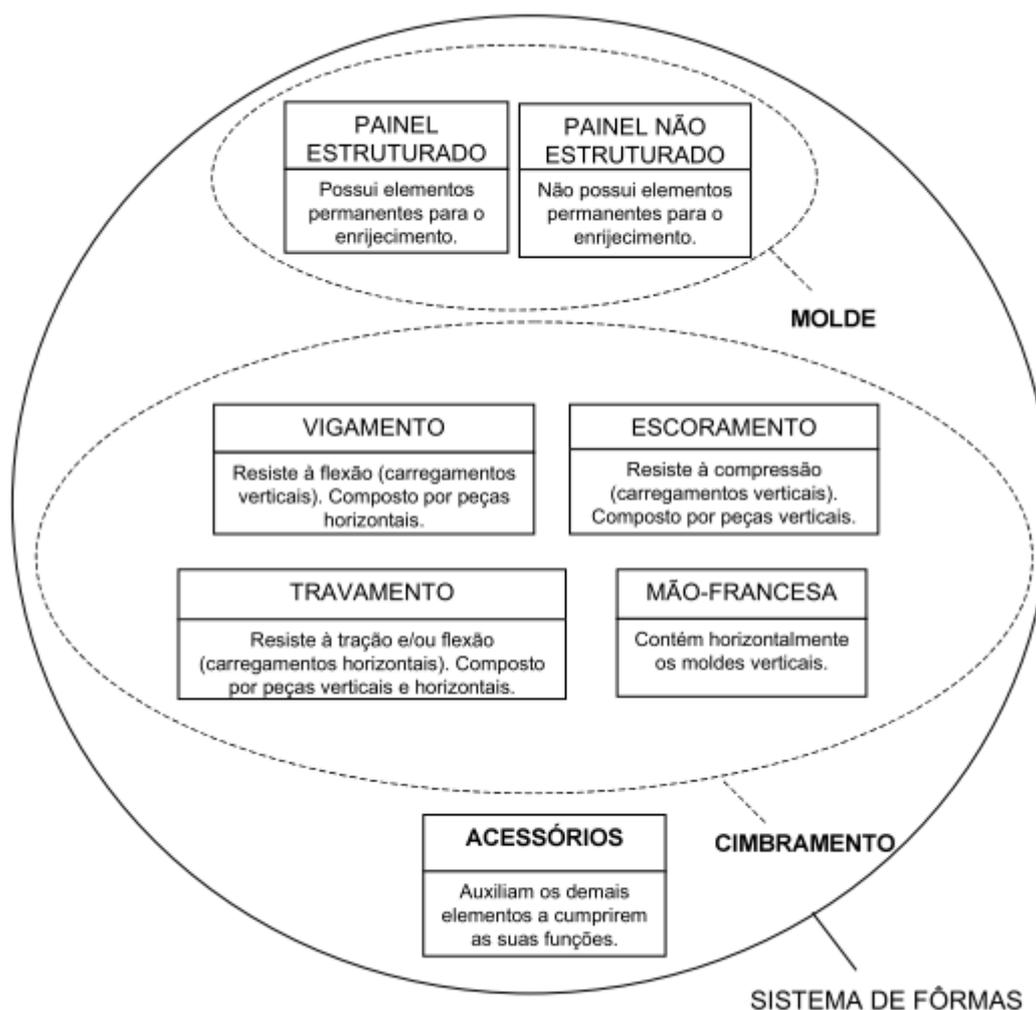


Figura 4 - Elementos constituintes do sistema de fôrmas e suas respectivas funções
 Fonte: Freire e Souza (2001)

2.3 FÔRMAS DE MADEIRA

A madeira é o material mais utilizado para a confecção de fôrmas para concreto no Brasil. Em habitações populares e obras de pequeno porte, os sistemas de fôrma são, como citado anteriormente, comumente constituídos unicamente de madeira. Isso quer dizer que tanto os moldes, quanto o cimbramento, e também os acessórios e travamentos, são feitos em madeira (MOLITERNO, 1989).

Os tipos de madeira a serem utilizados em fôrmas são definidos pela NBR 15696 (ABNT, 2009) como sendo:

- madeiras em bruto e
- madeiras industrializadas

2.3.1 Madeiras em bruto

São ditas madeiras em bruto as peças, serradas ou não, que não passaram por tratamento industrial. É o sistema mais antigo de formas para concreto armado, bastante consolidado no país devido ao investimento inicial baixo e por ser relativamente mais simples de ser executado. Nesse sistema, os moldes constituídos de madeira serrada, a fim de garantir maior regularidade aos elementos de concreto, e o cimbramento é feito em madeira serrada ou não. Na figura 05, são apresentadas fôrmas de madeira serrada para vigas, enquanto na figura 6 é possível observar escoras em madeira bruta.



Figura 5: Fôrmas de madeira serrada
Fonte: Madeireira Capivara

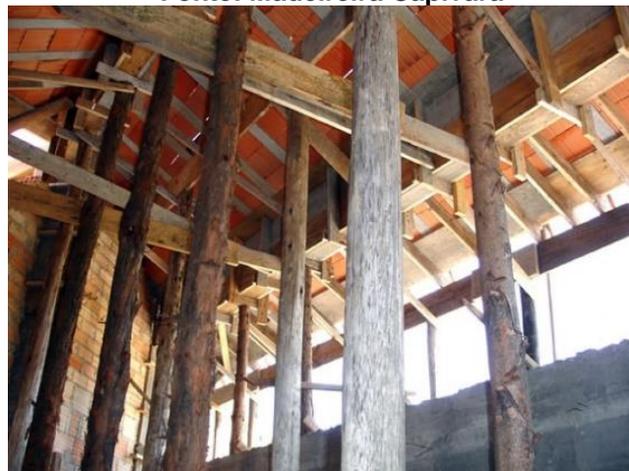


Figura 6: Escoras de madeira bruta
Fonte: Madeireira Capivara

2.3.2 Madeiras industrializadas

A NBR 15696 (ABNT, 2009) traz como sendo peças de madeira industrializadas, aquelas produzidas industrialmente, com propriedades físicas e mecânicas conhecidas. Essas peças podem ser tanto chapas de madeira compensada, usada em moldes, quanto vigas industrializadas, usadas no cimbramento. As placas de OSB (Oriented Strand Board) e as chapas de compensado (chapa plastificada, resinada ou compensado naval) são os exemplos de utilização mais comum, por atender com eficiência às funções citadas no item **2.2**, no que se referem aos moldes. A figura 07 apresenta um exemplo do uso de fôrmas de madeira industrializada.



Figura 7: Fôrmas para pilares com molde em compensado plastificado
Fonte: autoria própria

2.4 FÔRMAS PLÁSTICAS

As fôrmas plásticas são caracterizadas pela NBR 15696 (ABNT, 2009) como material industrializado. Podem ser feitas com diversos polímeros plásticos, mais comumente o PVC ou fibra de vidro, e assumem diversos formatos, dependendo da necessidade. Tem boa resistência a altas temperaturas (normalmente 70°C) que

garante sua durabilidade mesmo quando exposto ao sol ou ao calor de hidratação do cimento. Também é inerte com relação às reações químicas que ocorrem no concreto. Após a remoção, moldes plásticos também proporcionam grande qualidade no acabamento das peças de concreto, criando superfícies lisas e regulares.

Além destas características, para MORIKAWA (2003), o plástico tem possibilitado o avanço de sistemas de fôrmas racionalizados, principalmente quando atuando como molde. Isso se deve principalmente à flexibilidade de soluções proporcionadas pelo plástico. Algumas aplicações podem viabilizar o uso destes sistemas, tais como chapas de PVC como molde; plástico reforçado com fibra de vidro para moldes com formato complexo, fôrmas de pilares em plástico reforçado com fibra de vidro, moldes plásticos específicos para lajes nervuradas, entre outros. Na figura 08, é possível observar a montagem de fôrmas plásticas para paredes, enquanto na figura 09, são apresentadas fôrmas plásticas para lajes nervuradas.



Figura 8: Moldes de plástico liso
Fonte: Blog Construliga



Figura 9: Moldes para laje nervurada
Fonte: AECWeb

2.5 FÔRMAS METÁLICAS

São chamados sistemas de fôrmas metálicas aqueles que envolvem elementos metálicos, sejam eles elementos de molde, cimbramento, acessórios, ou uma combinação destes. Alguns exemplos são os de painéis com estruturação metálica e chapas de madeira, ou ainda, painéis de um único material, escoras e acessórios de outro material; ou ainda, a utilização de escoras e travamentos metálicos em conjunto com painéis plásticos. (FREIRE; SOUZA, 2001)

2.5.1 SISTEMA MISTO DE AÇO-MADEIRA

Elementos altamente industrializados, os componentes deste sistema têm sua parte metálica constituída normalmente de aço galvanizado, ligas de alumínio, ou ferro-fundido com pintura, que garante resistência às eventuais cargas que deverá receber, bem como à corrosão. Ao passo que a parte de madeira, acoplada à estrutura do perfil metálico, fica em contato direto com o concreto e confere sua forma durante o processo de cura, e é normalmente uma chapa de compensado, podendo ser o compensado simples, plastificado, compensado naval, entre outros. Na figura 10, são apresentados os reforços metálicos usados nos painéis.



Figura 10: Reforço metálico dos painéis
Fonte: autoria própria

Esta combinação de materiais oferece grande resistência para os elementos de painel, ao mesmo tempo que confere um bom acabamento ao concreto, desde que garantida a boa conservação e limpeza das chapas e a condição retilínea da estrutura metálica. Porém a maior resistência é obtida a custo do peso da peça, que pode se tornar elevado dependendo do seu tamanho, o que dificulta o trabalho em campo e

prejudica a ergonomia da atividade. A figura 11 traz um painel completo, visto pelo fundo.



Figura 11: Painel completo visto pelo fundo
Fonte: autoria própria

Por se tratarem de peças com tamanhos padronizados, não possibilitam a adaptação dos elementos em campo, diferente do sistema de fôrmas de madeira, por exemplo. Se alguma dimensão de uma estrutura a ser concretada não se encaixa em nenhuma das diversas combinações de peças, não é possível o corte de peças para solução do problema sem comprometer permanentemente o elemento, resultando em perda total, e consequentes gastos com multas contratuais, no caso de peças alugadas. Isto serve para reforçar a ideia de que projetos devem ser estudados e confeccionados tendo em mente o sistema de fôrmas a ser utilizado em obra, a fim de reduzir a mão de obra necessária para montagem, assim como a quantidade de peças utilizadas em cada etapa.

Este sistema, bem como seus elementos componentes, são os objetos de pesquisa deste trabalho, e serão analisados em maior detalhe mais adiante.

3 MÉTODO DE TRABALHO

O presente trabalho tem por objetivo levantar informações a respeito dos processos construtivos que envolvem o sistema de fôrmas de perfil metálico com chapas de madeira, para então comparar os dados obtidos com o sistema convencional. Através do acompanhamento de uma obra de infraestrutura em Bombinhas-SC, serão medidos em campo, dados de tempo de execução, desperdício ou perda de materiais, e custos relacionados ao seu uso. Desta forma, a presente pesquisa é dita como sendo de caráter exploratório, segundo Gil (2002).

Em adição às medições de campo, serão feitas entrevistas com os envolvidos no uso do sistema de fôrmas: carpinteiros, armadores, encarregados e o gestor da obra. Essas entrevistas têm como foco principal abordar a visão subjetiva dos envolvidos no processo construtivo, assim como a experiência técnica adquirida pelos mesmos. O objetivo desta abordagem é o de levar em consideração fatores relacionados ao processo execução dos sistemas de fôrmas que dificilmente podem ser quantificados, mas que podem vir a ser de importância na tomada de decisão nas fases de planejamento de obra e orçamento, onde se opta por um sistema de fôrmas.

Os dados numéricos das medições de campo serão compilados em formato de tabela, para facilitar a posterior visualização e compreensão dos itens abordados. Estes dados numéricos serão então comparados com valores encontrados na literatura orçamentária para o sistema convencional de fôrmas.

3.1 CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Uma das grandes dificuldades em se trabalhar com os sistemas de fôrmas de forma teórica, é a grande variedade de nomes e métodos de execução em prática no país. Dificuldade esta compartilhada com diversos outros assuntos relacionados a construção. Essa dificuldade pode ser relacionada principalmente à regionalismos, que atribuem nomes diferentes conforme o método é difundido no país, bem como à essência artesanal que permeia o setor no Brasil.

A fim de transpor parte da incompatibilidade gerada pelas diferentes nomenclaturas, os elementos do sistema de fôrmas misto estudado neste trabalho serão apresentados e caracterizados, elencando brevemente informações relevantes a respeito de cada peça e as variedades da mesma no catálogo utilizado. Os mesmos serão classificados conforme o modelo proposto por Freire e Souza (2001), ilustrado na Figura 4.

3.1.1 Cimbramento

Aprumador

Os aprumadores são usados para resistir às cargas horizontais provenientes do peso próprio do concreto. Pesam em torno de 12kg, e tem tamanho variado, devido aos pés roscados à barra central. Na figura 12, são apresentados aprumadores usados em fôrmas de um pilar.



Figura 12: Aprumadores apoiando fôrmas de pilar
Fonte: Catálogo SH

Escora

São usadas para sustentar cargas verticais. São compostas por dois tubos, um podendo ser roscado para dentro ou para fora de outro, possibilitando variar o comprimento das peças para se adaptar ao pé-direito da estrutura.

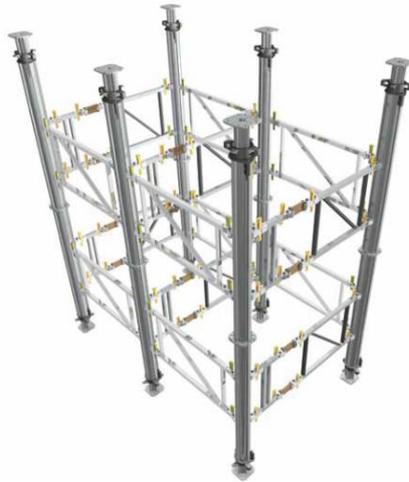


Figura 13: Escoras metálicas com pés quadrados
Fonte: catálogo SH

Quadro

Elementos metálicos que, ligados entre si por conectores, compõe as estruturas de andaimes, que servirão, entre outras funções, para auxiliar a sustentar fôrmas de laje, e, principalmente, possibilitar acesso e traslado durante as várias etapas do processo construtivo das estruturas de concreto. Na figura 14, são apresentados os modelos de quadro usados na obra.

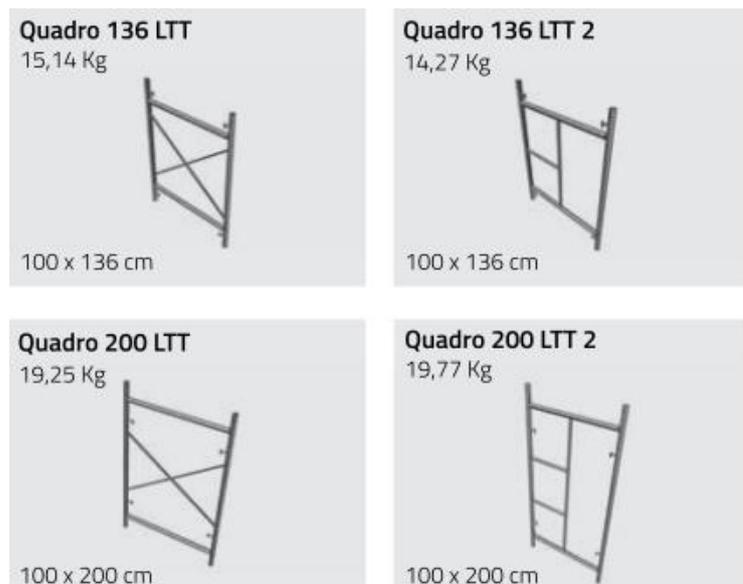


Figura 14: Diferentes tipos de quadros
Fonte: autoria própria

3.1.2 Painéis

Peças compostas por uma chapa retangular de madeira compensada plastificada, parafusadas à uma estrutura metálica para dar resistência e proporcionar a possibilidade de prender diversos acessórios às mesmas. Na figura 15, é possível observar diversos painéis empilhados.



Figura 15: Painéis de 90x90 empilhados
Fonte: autoria própria

3.1.3 Acessórios

Porca

Peça circular metálica reforçada, com furo roscável no centro, para encaixe nas barras de ancoragem. A figura 19 apresenta diversas porcas.



Figura 16: Porcas metálicas
Fonte: autoria própria

Clips

Elemento metálico composto por uma chapa curvada reforçada, com um pino em uma das extremidades, para prender nos furos da estrutura metálica dos painéis, prendendo dois painéis pela borda lateral. A figura 20 apresenta um clip, com uma caneta para comparação de tamanho.



Figura 17: Clips metálico
Fonte: autoria própria

Luva

Conector metálico cilíndrico, semelhante a uma abraçadeira, usada para unir dois tubos pelas pontas. A luva tem dois parafusos para apertar e diminuir o diâmetro

do cilindro, garantindo travamento por atrito nos tubos. Na figura 23, é apresentada uma luva metálica.



Figura 18: Luva metálica
Fonte: Catálogo SH

Braçadeira Fixa

Peça metálica composta por dois semicírculos presos tangencialmente. Os semicírculos podem ser abertos e fechados por parafusos. Servem para unir dois tubos em direções perpendiculares, criando as peças horizontais e verticais de um guarda-corpo. Na figura 24, são apresentadas duas braçadeiras usadas em tubos metálicos.



Figura 19: Braçadeiras prendendo tubos para criar um guarda-corpo
Fonte: autoria própria

Tubo

Peças cilíndricas vazadas, de metal, com comprimentos variados, usadas principalmente na montagem de guarda-corpos. Na figura 16, é possível observar um sistema de guarda-corpo composto por tubos metálicos.



Figura 20: Guarda-corpos de tubos
Fonte: autoria própria

Cantoneira

Peça metálica composta por uma chapa fina dobrada de forma a encaixar-se nos vãos onde dois painéis se encontrariam perpendicularmente.

Forcado

Peça composta por um tubo metálico roscável preso a uma base em formato de “C”. O tubo é roscado ao topo dos quadros, com o “C” apontado para cima, para encaixar perfis no seu vão, de forma a criar um travamento mecânico que impede movimentos laterais.

Corneta

Peça cilíndrica vazada, com chapa metálica quadrada em uma das pontas. É encaixada nos quadros para servir de base e garantir maior estabilidade. A figura 17 apresenta cornetas sendo utilizadas nos pés de andaimes.



Figura 21: Cornetas apoiando quadros de andaimes
Fonte: autoria própria

Base

Peça semelhante ao forçado, com um tubo roscável ligado à uma chapa metálica reforçada. Pode ser usada tanto como pé de apoio para quadros quanto para apoiar painéis de lajes, sendo colocada no topo dos quadros ou tubos. A figura 18 mostra algumas destas peças.



Figura 22: Bases metálicas roscáveis
Fonte: autoria própria

Guarda-corpo

Peça tubular metálica com ganchos ao longo do seu comprimento, que se encaixam nos furos dos quadros, para auxiliar na subida e descida das torres de andaimes.

3.1.4 Travamentos

Barra de ancoragem

Barra metálica com rosca externa, usada para ancorar painéis de diversas formas. A figura 21 apresenta uma barra de ancoragem presa por uma porca.



Figura 23: Barra de ancoragem roscada
Fonte: autoria própria

Perfil

Peças retangulares de metal, com comprimentos variados. Possuem sua seção média vazada, para possibilitar o encaixe de barras de ancoragem. São usados também para apoiar fôrmas de lajes.

Cruzeta

Par de hastes metálicas cilíndricas unidas por um parafuso na metade do seu comprimento. As pontas achatadas das hastes têm furos, que permitem parafusar as cruzetas aos quadros, para criar um travamento em “X”. As hastes podem ainda girar em torno do eixo do parafuso. Na figura 22, é possível observar 2 cruzetas sendo usadas para travar um par de quadros de andaime.



Figura 24: Cruzetas parafusadas a quadros de andaimes
Fonte: autoria própria

3.2 PROCESSO CONSTRUTIVO PARA FÔRMAS METÁLICAS OU MISTAS

3.2.1 Estrutura Analisada

O presente estudo de caso foi feito analisando o processo construtivo de uma estrutura de concreto armado na estação de tratamento de água construída em Bombinhas-SC. A estrutura é um reservatório de lodo, planejado para armazenar lodo dos filtros da estação de tratamento, para que o mesmo seja bombeado até outra estrutura. Nas figuras 25 e 26, é possível observar a estrutura a ser analisada, vista em planta e em corte, respectivamente.

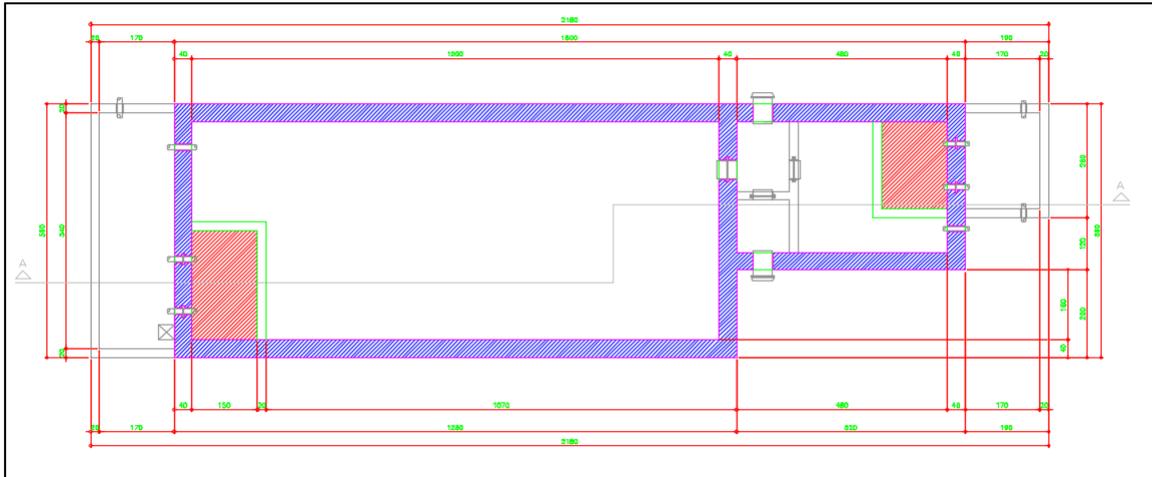


Figura 25: Vista em planta da estrutura
Fonte: autoria própria

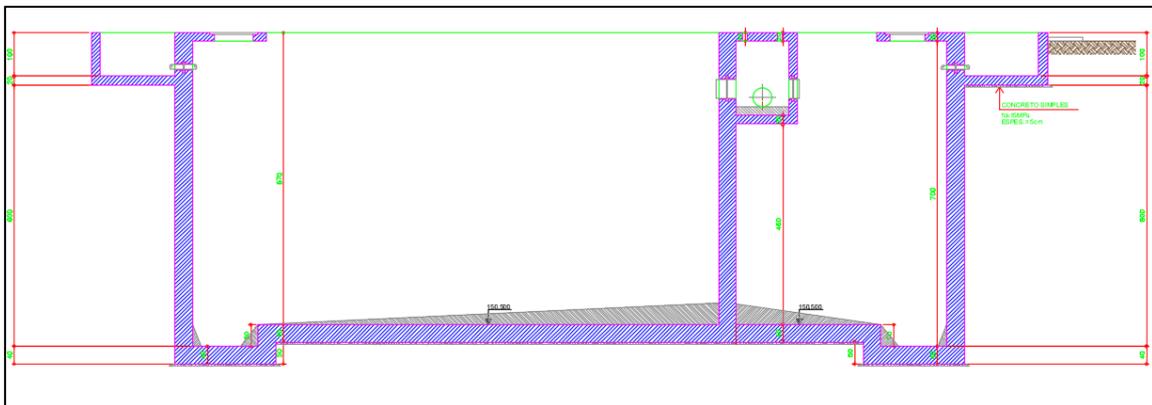


Figura 26: Vista em corte da estrutura
Fonte: autoria própria

(EDITAR DIMENSÕES)

Como é possível observar no projeto trata-se de uma estrutura em formato de caixa, com paredes perimetrais de concreto armado com 40cm de espessura, e paredes internas com 20cm de espessura. O projeto também prevê que a estrutura fique enterrada, o que cria condições específicas de trabalho e abre possibilidades diferentes do convencional para montagem do sistema de fôrmas das paredes.

3.2.2 Condições Iniciais

O terreno encontrava-se inicialmente plano, na cota 157,00m com um talude à esquerda, descendo até a cota 153,00m. Foi necessária escavação do terreno para chegar à cota 149,50, onde foi feito um lastro em concreto magro, para dar início às

atividades de armação e montagem de fôrmas. A escavação em rocha provou-se difícil, mas posteriormente os paredões de rocha formados foram aproveitados na montagem e escoramento das fôrmas.

3.2.3 Montagem de Fôrmas Para a Laje de Fundo (Piso)

Após concluído o lastro de concreto magro, foi possível iniciar a dobra e posicionamento das armaduras da laje de fundo, bem como os arranques para as paredes.

Após armadas as barras verticais das paredes, formando a chamada “gaiola”, foi então iniciada a montagem das fôrmas para as lajes de fundo, que depois puderam ser fixadas nas armaduras.

O processo começa com os painéis de 30x90cm sendo colocados horizontalmente ao redor da parte externa da estrutura. Os mesmos são fixados temporariamente com arame recozido. Após o posicionamento de alguns painéis (3 a 5), é colocado um perfil metálico, orientado horizontalmente em frente aos painéis. O mesmo é então fixado aos painéis por uma barra de ancoragem, e então uma porca é roscada pelo lado de fora, até ser fixada contra o painel. A barra de ancoragem pode ser também amarrada temporariamente à armadura da laje ou das paredes. A figura 27 mostra uma parte de parede externa com painéis já instalados.



Figura 27: Painéis reforçados com perfis metálicos
Fonte: autoria própria

Dessa forma, de dois a três painéis são unidos por um perfil metálico, e o processo se repete, intercalando a posição do perfil metálico entre o topo dos painéis e a parte inferior, com um transpasse entre os comprimentos dos perfis, de forma similar ao transpasse de duas barras retas de armadura. Isso é feito a fim de criar uma união entre todos os painéis colocados, aumentando sua rigidez e estabilidade. Somado a isso, são colocados clips em cada encontro de lateral dos painéis, garantindo ainda mais estabilidade.

Após concluída esta etapa, é possível armar a laje de fundo e iniciar a concretagem.

3.2.4 Montagem das Fôrmas para as Paredes

Após a cura parcial da laje de fundo, inicia-se o processo de montagem das fôrmas das paredes. Iniciando-se pelas fôrmas externas, após o apicoamento do concreto na superfície entre as paredes e a laje de fundo, os painéis são colocados da mesma forma que os painéis para a laje de fundo. São colocados perfis intercalados, presos por barras de ancoragem nas extremidades dos painéis, com uma porca travando a barra no painel.

No caso da estrutura analisada, é importante ressaltar que, como sua função é conter a água de limpeza de filtros, ela não pode ter furos após a concretagem. Para isso, são usadas peças especiais, chamadas luvas *water-stop*, que consistem de um cilindro metálico vazado, onde é possível roscar uma barra de ancoragem em cada ponta. As barras de ancoragem são parcialmente cobertas por dois canos de PVC. Em cada ponta dos canos, são colocados *plugs* de borracha, para impedir o concreto de vazar pelo furo na fôrma. Na figura 28, é possível observar este esquema de peças montado.



Figura 28: Barras de ancoragem prontas para uso
Fonte: autoria própria

No caso dos painéis internos, existe dificuldade em prender a porca nas extremidades inferiores, pois estas ficam muito próximas do chão. Para contornar esse problema, podem ser fixadas barras comuns no concreto da laje de fundo, servindo como travamento. A figura 29 apresenta o uso desta técnica.



Figura 29: Travamento de painel inferior com barras de aço
Fonte: autoria própria

Em contrapartida, agora é possível prender um painel externo ao painel da parede interna. Com a barra de ancoragem atravessando a malha de armaduras da parede, coloca-se o painel interno e, prendendo o mesmo com uma porca, as peças interna e externa ficam fixas sem auxílio de arame. Os travamentos entre os painéis são finalizados com clips nos encontros das laterais dos mesmos.

O processo se repete para as fileiras superiores de painéis, enquanto for possível colocá-las sem auxílio de andaimes. A partir da segunda fileira de painéis, dependendo da altura das peças usadas, torna-se mais prática a montagem de estruturas de andaimes, para facilitar tanto o processo de montagem das fôrmas, quanto da armação das paredes, e mesmo da concretagem que seguirá.

3.2.5 Montagem dos andaimes

A montagem e disposição das estruturas de andaimes deve ser pensada de forma a atender as etapas seguintes para a construção da estrutura. Normalmente, deve ser feita ao redor de toda a estrutura, por dentro e por fora, para possibilitar a montagem das próximas linhas de fôrmas, e também o traslado dos trabalhadores na armação e na concretagem das paredes. Na figura 30 são apresentadas as passarelas feitas para a primeira etapa de concretagem.

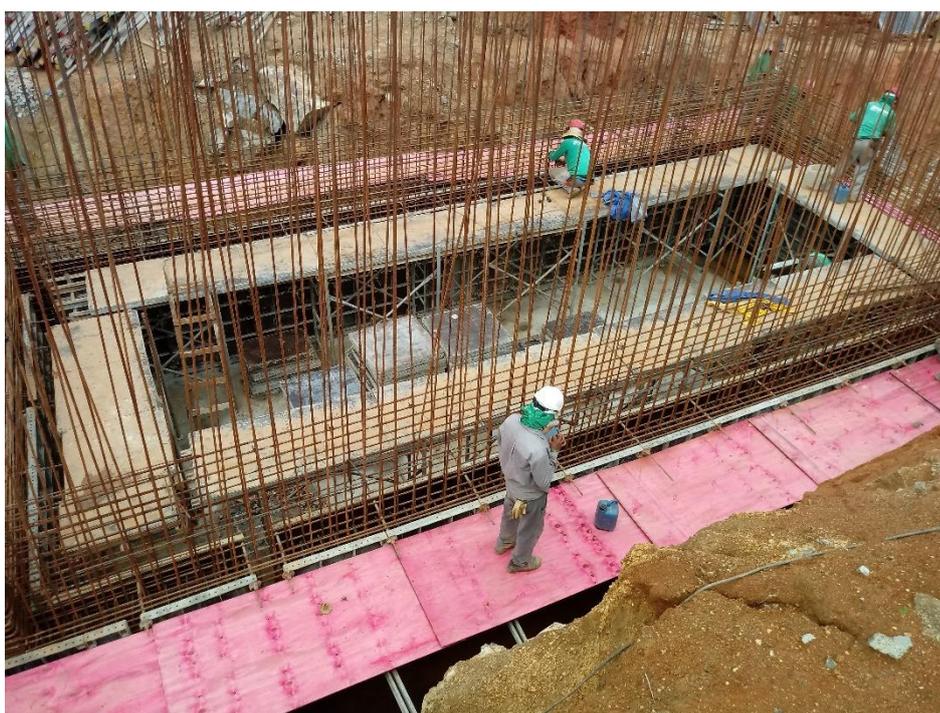


Figura 30: Passarelas sobre torres de andaimes
Fonte: autoria própria

Inicialmente, os quadros de andaimes serão colocados dois a dois, transversais à parede da estrutura, apoiados por cornetas, para criar uma base mais estável. Em seguida, os pares de quadros são travados entre si na direção paralela à parede, usando para isso duas cruzetas parafusadas aos quadros. Esta configuração

agora é repetida, sendo encaixada em cima da anterior, criando uma torre estável. Na figura 31, é possível ver alguns funcionários trabalhando na montagem de uma torre de andaime.



Figura 31: Montagem de uma torre de andaime para escoramento de laje
Fonte: autoria própria

Estas torres são montadas ao longo do perímetro da estrutura, com a mesma altura, e com espaçamento aproximado do comprimento de um quadro, para ser montada uma passarela, usando madeirite ou até mesmo painéis de fôrmas com comprimento suficiente.

Após a conclusão de uma linha de fôrmas, os madeirites são removidos, e as torres recebem mais um andar, e a passarela é então recolocada. Esse processo se repete quantas vezes forem necessárias para concluir a montagem das fôrmas na altura desejada. No caso da estrutura analisada, foram feitas três linhas de fôrmas de 90 cm cada e uma linha com 30 cm, somando 3,0m de altura, para cada etapa de concretagem. No total, foram realizadas três concretagens para finalizar as paredes.

3.2.6 Escoramento das Fôrmas

Após o fechamento das linhas de fôrmas das paredes, é possível fazer uso de peças adicionais para garantir a estabilidade do conjunto durante a concretagem, pois o concreto fresco vai exercer pressão nos painéis, tendendo a abri-los, e os perfis e barras de ancoragem usados podem não ser suficientes para resistir a esses esforços. São colocadas então, escoras e apuradores apoiando os painéis internos

e externos. Os aprumadores podem ser apoiados nos painéis e no chão, devido à capacidade de rotação dos pés de apoio. As escoras, porém, devem ser apoiadas no sentido horizontal, usando por exemplo uma parede já concretada, ou um painel oposto, ou mesmo o terreno ao redor da construção, como é o caso da estrutura analisada, que se encontra cercada por paredes de rocha e solo firme. A quantidade de escoras e aprumadores usados vai depender da altura das paredes a ser concretada.

3.2.7 Fechamento de Vãos

Após a colocação de todos os painéis, é necessário garantir que não tenha sobrado nenhum espaço sem fôrmas. Esses espaços podem surgir devido principalmente às dimensões da estrutura. Se não for possível uma combinação de diferentes tamanhos de painéis que, somados, tenham o mesmo comprimento linear dos perímetros interno e externo das paredes da estrutura, serão necessárias adaptações em campo, como o uso de fôrmas de madeira convencional, por exemplo. Na figura 32, é possível ver o uso de fôrmas de madeira montadas em obra para fechamento de vãos verticais e horizontais.



Figura 32: Painéis de madeira confeccionados em obra para fechamento de vãos
Fonte: autoria própria

Nos cantos internos, onde não é possível prender os painéis que se encontram com um clip, é usada uma peça de cantoneira, como pode ser visto na figura 33.

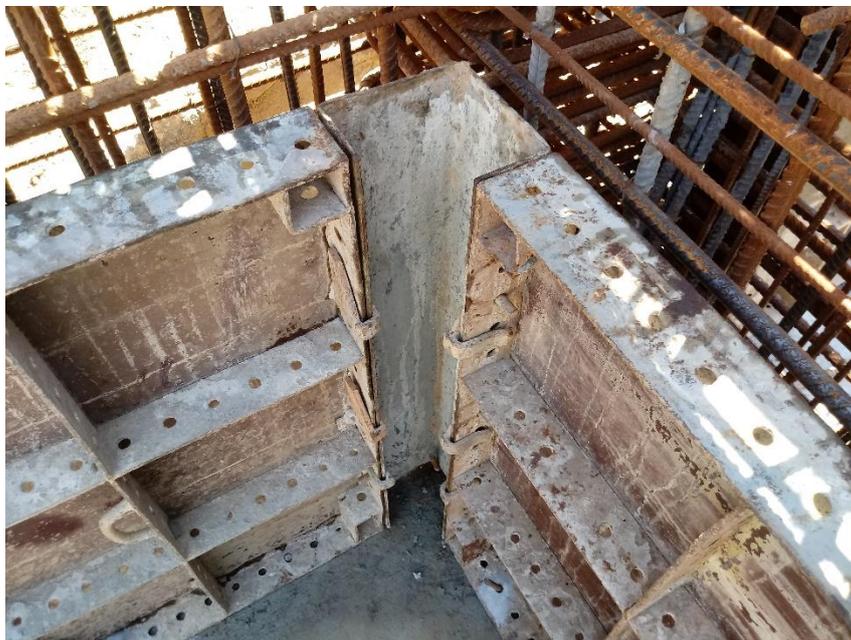


Figura 33: Cantoneira interna ligando dois painéis
Fonte: autoria própria

4 COMPARAÇÕES DO SISTEMA METÁLICO CONTRA O SISTEMA CONVENCIONAL

Esta seção tem como foco apresentar os valores de produtividade, custos e desperdícios quantificados em obra para o uso de fôrmas metálicas, e então comparar estes dados com valores encontrados na TCPO (Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos) para o mesmo serviço, porém usando fôrmas de madeira.

4.1 PRODUTIVIDADE

A produtividade do uso de fôrmas metálicas foi medida em obra, acompanhando a construção do Reservatório e Elevatória de Lodo da ETA Bombinhas-SC. Os dados registrados durante a execução das atividades foram compilados em forma de tabela para facilitar a análise dos mesmos e possibilitar

inferências a respeito dos valores em cada etapa, assim como os valores totais para a estrutura.

4.1.1 Montagem das Fôrmas

O processo de montagem das fôrmas metálicas foi acompanhado em obra, e os dados considerados relevantes foram registrados. Na Tabela 1, estes dados são apresentados:

Tabela 1: Resumo da produção e produtividade diária

FÔRMAS DA LAJE DE FUNDO						
DATA	HORAS TRABALHADAS	Nº DE FUNCIONÁRIOS	HH	M ²	HH/M ²	
22/fev		5	4	20	16,2	1,2345679
23/fev		6	4	24	30	0,8
TOTAL			44	46,2	0,952381	
FÔRMAS DAS PAREDES - 1ª ETAPA						
28/fev		5	5	25	45	0,56
01/mar		10	5	50	130,68	0,38
03/mar		10	5	50	111,12	0,45
TOTAL			125	286,8	0,44	
FÔRMAS DAS PAREDES - 2ª ETAPA						
10/mar		3,5	4	14	21,6	0,65
12/mar		9,5	5	47,5	50,4	0,94
13/mar		10	4	40	85,68	0,47
15/mar		10	5	50	87,48	0,57
16/mar		3	6	18	29,16	0,62
TOTAL			169,5	274,32	0,62	
FÔRMAS DAS PAREDES - 3ª ETAPA						
20/mar		3	3	9	30,6	0,29
21/mar		10,5	5	52,5	90,36	0,58
TOTAL			61,5	120,96	0,51	
TOTAL		85,5	400	728,28		

Fonte: autoria própria

Na coluna 1 tem-se a data em que a atividade foi registrada. Na coluna 2 tem-se o número de horas no dia em que a montagem ocorreu efetivamente, descontando intervalos, e horários de almoço. Na terceira coluna, estão registrados os funcionários que estavam envolvidos diretamente na atividade. Na quarta coluna, estão contabilizadas as horas trabalhadas no dia, multiplicada pelo número de funcionários

desempenhando a atividade, também chamado “homem.hora”. Na quinta coluna são registrados os valores em metro quadrado montados durante o período correspondente. Por último, a sexta coluna apresenta os valores de produtividade na mesma forma que a TCPO, de homem.hora divididos pela produção do período, ou seja, quantas horas trabalhadas são necessárias para produzir um metro quadrado de fôrma montada.

Podem ser notadas variações em todas as entradas de dados, que geram valores diferentes de produtividade para cada período. Essas variações podem ser decorrentes de diversos fatores, com influências de magnitudes variadas, e serão abordadas brevemente.

É possível notar, por exemplo, que para o início das etapas de montagem, a quantidade de horas trabalhadas é significativamente menor do que nos outros dias. De acordo com o observado em campo, isso se deve principalmente ao planejamento das concretagens. Conforme a data prevista para a concretagem de uma etapa da estrutura se aproximava, mais ênfase era dada na conclusão das fôrmas, a fim de cumprir com o cronograma de obra. Variações menores podem ser atribuídas à conclusão de uma linha de fôrmas, que abre frente de serviço para armação do aço das paredes, que tem prioridade logística no processo.

As variações no número de funcionários se deve simplesmente ao fato de, apesar de os mesmos terem experiência no trabalho com fôrmas metálicas, não foram contratados especificamente para isso, mas sim para a execução das estruturas de concreto como um todo. Sendo assim, quando surgia alguma atividade mais urgente em outra frente de serviço, os funcionários eram remanejados.

Finalmente, as variações na produtividade podem ser influenciadas por inúmeros fatores. Os mais relevantes notados em obra foram a distância entre as fôrmas armazenadas e a estrutura, as condições do terreno ao redor da estrutura, e principalmente a altura em que estavam sendo montados os painéis. Quando montados abaixo da cintura, por exemplo, a ergonomia associada à atividade aparentava ser reduzida, enquanto a montagem de painéis acima da cintura, e abaixo de 1,80 metros, a atividade se desenvolvia de maneira mais fluida.

4.1.2 Comparativo com a composição da TCPO

Tendo em vista que a TCPO não traz dados de produtividade para execução de paredes de concreto, foi feita uma comparação com os coeficientes descritos na composição de um serviço. O serviço considerado mais semelhante para fins de comparação, devido ao método construtivo e características gerais da estrutura, foi o de execução de fôrma de madeira interna e externa para muro de arrimo, moldada no local, item 03110.8.1 (TCPO, 2010, pág. 119). A figura 34 traz a composição presente na TCPO.

03110.8.1. FÔRMA de madeira interna e externa para galeria de concreto e muro de arrimo, moldada no local – unidade: m²

CÓDIGO	COMPONENTES	UND.	CONSUMOS	
			APROVEITAMENTOS	
			1	3
			03110.8.1.5	03110.8.1.6
*03110.8.19.2	Fabricação de fôrma de madeira interna e externa para galeria de concreto e muro de arrimo	m ²	1,00	0,333
*03110.8.20.2	Montagem de fôrma de madeira interna e externa para galeria e muro de arrimo, moldada no local	m ²	1,00	1,00
*03110.8.21.2	Desmontagem de fôrma de madeira interna e externa para galeria e muro de arrimo, moldada no local	m ²	1,00	1,00
COMPOSIÇÃO DETALHADA INCLUINDO A PRODUÇÃO DE INSUMOS				
01270.0.1.11	Ajudante de carpinteiro	h	0,52	0,298
01270.0.19.1	Carpinteiro	h	2,08	1,192
03110.3.1.1	Chapa compensada plastificada (espessura: 12 mm)	m ²	1,20	0,40
05060.3.20.11	Prego 17 x 21 com cabeça (comprimento: 48,3 mm / diâmetro da cabeça: 3,0 mm)	kg	0,20	0,067
06062.3.2.4	Pontaletes 3" x 3" (altura: 75,00 mm / largura: 75,00 mm)	m	7,83	2,607
06062.3.4.5	Sarrafo 1" x 3" (altura: 75 mm / espessura: 25 mm)	m	5,45	1,815
03125.3.1.1	Desmoldante de fôrmas para concreto	l	0,02	0,02
03210.3.2.2	Barra de aço CA-50 3/8" (bitola: 10,00 mm / massa linear: 0,617 kg/m)	kg	0,11	0,11
05060.3.20.18	Prego 17 x 27 com cabeça dupla (comprimento: 62,1 mm / diâmetro da cabeça: 3,0 mm)	kg	0,10	0,10
05060.3.2.2	Arame galvanizado (bitola: 12 BWG)	kg	0,10	0,10

Figura 34: Composição da TCPO usada na comparação
Fonte: TCPO

A TCPO traz os seguintes coeficientes de mão de obra para as fôrmas de madeira moldadas no local para muros de arrimo, considerando 3 reutilizações:

- fabricação: carpinteiro: 0,444h / ajudante de carpinteiro: 0,111h;
- montagem: carpinteiro: 0,524h / ajudante de carpinteiro: 0,131h.

Considerando os coeficientes para fabricação e montagem de carpinteiro e ajudante de carpinteiro, é possível comparar os valores de HH/M² medidos em obra

com o valor correspondente à soma de horas necessárias para executar o mesmo serviço, que é o valor de fixo de 1,21 HH/M². Desta comparação é feita a Tabela 2:

Tabela 2: Variação da produtividade considerando fabricação e montagem das fôrmas

DATA	HH	M ²	HH/M ²	VARIAÇÃO (1,21)
22/fev	20	16,2	1,23	-2,0%
23/fev	24	30,0	0,80	51,3%
28/fev	25	45,0	0,56	117,8%
01/mar	50	130,7	0,38	216,2%
03/mar	50	111,1	0,45	168,9%
10/mar	14	21,6	0,65	86,7%
12/mar	47,5	50,4	0,94	28,4%
13/mar	40	85,7	0,47	159,2%
15/mar	50	87,5	0,57	111,7%
16/mar	18	29,2	0,62	96,0%
20/mar	9	30,6	0,29	311,4%
21/mar	52,5	90,4	0,58	108,3%
TOTAL	400	728,3	0,55	120%

Fonte: autoria própria

Observando a tabela, é possível concluir que a produtividade de montagem de fôrmas medida em campo foi maior do que a prevista na TCPO para um processo similar, usando fôrmas de madeira convencional feitas no local, com uma diferença na produtividade média da estrutura de 120%, comprovando as expectativas do estudo. Isso se deve principalmente ao fato de o grande esforço no uso de fôrmas pré-fabricadas ser apenas o de montagem, enquanto nas fôrmas feitas em obra, é necessário também o trabalho de fabricação das mesmas (TCPO, 2010, p. 178 a 179). Considerando então apenas os coeficientes de montagem e excluindo os de fabricação, que somados resultam no valor de 0,655h, é possível observar a diferença de produtividade envolvendo apenas o processo de montagem, apresentada na Tabela 3:

Tabela 3: Variação da produtividade considerando apenas o tempo de montagem

DATA	HH	M ²	HH/M ²	VARIAÇÃO (0,655)
22/fev	20	16,2	1,23	-46,9%
23/fev	24	30,0	0,80	-18,1%
28/fev	25	45,0	0,56	17,9%
01/mar	50	130,7	0,38	71,2%
03/mar	50	111,1	0,45	45,6%
10/mar	14	21,6	0,65	1,1%
12/mar	47,5	50,4	0,94	-30,5%
13/mar	40	85,7	0,47	40,3%
15/mar	50	87,5	0,57	14,6%
16/mar	18	29,2	0,62	6,1%
20/mar	9	30,6	0,29	122,7%
21/mar	52,5	90,4	0,58	12,7%
TOTAL	400	728,3	0,55	19%

Fonte: autoria própria

Neste caso, são encontrados valores negativos para a variação, o que indica maior produtividade no sistema convencional, mas em geral a maioria das etapas ainda se apresenta como mais eficiente usando o sistema metálico. A produtividade geral da estrutura foi medida em 0,55HH/M², 19% mais eficiente do que o sistema convencional.

Porém, é importante ressaltar que estes valores não são necessariamente um retrato da diferença de produtividade entre os dois métodos: é uma afirmação razoável, porém para aumentar o grau de certeza da mesma, seriam necessárias mais medições de produtividade, envolvendo diferentes equipes, e comparando diversas estruturas com características diferentes.

4.2 GANHOS DE CRONOGRAMA

4.2.1 Montagem das Fôrmas

Um dos objetivos de se usar fôrmas pré-fabricadas é o de tentar reduzir o cronograma de obra através da maior produtividade que o sistema tende a oferecer, em comparação com o sistema convencional. Efetivamente, este foi o motivo de escolha do sistema para a obra analisada, de acordo com os responsáveis pelo

planejamento e orçamento da obra. A maior produtividade, apresentada no item 4.1.1, pode então ser traduzida em termos de redução de cronograma, comparando dois possíveis sistemas, e escolhendo o mais interessante. Seguindo o modelo apresentado anteriormente, são tabelados os valores do tempo de execução da atividade de montagem das fôrmas metálicas, medidos em obra, e então comparados com os valores teóricos, simulados usando os coeficientes de mão-de-obra da TCPO.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Horas equivalentes necessárias para execução do serviço usando o método convencional

DATA	M ²	HH	HORAS NECESSÁRIAS
22/fev	16,2	13,39	3,35
23/fev	30	24,79	6,20
28/fev	45	37,19	7,44
01/mar	130,68	108,00	21,60
03/mar	111,12	91,83	18,37
10/mar	21,6	17,85	4,46
12/mar	50,4	41,65	8,33
13/mar	85,68	70,81	17,70
15/mar	87,48	72,30	14,46
16/mar	29,16	24,10	4,02
20/mar	30,6	25,29	8,43
21/mar	90,36	74,68	14,94
TOTAL	728,28	601,88	129,29

Fonte: autoria própria

Na segunda coluna, tem-se a quantidade de metros quadrados executadas em cada data. Na terceira coluna, são apresentados os valores de homem hora necessários para produzir e montar a área de fôrmas correspondente, considerando os coeficientes de produtividade apresentados na TCPO. Por fim, na quarta coluna estão os valores calculados de quantas horas seriam necessárias para executar o serviço, considerando o mesmo número de funcionários que trabalharam na data correspondente.

Os resultados indicam que seriam necessárias mais 43,8 horas de trabalho, afinal o total de horas trabalhadas com as fôrmas metálicas foi de 85,5 horas, enquanto o resultado simulado foi de 129,29 horas. Deste resultado, remanejando as horas necessárias de trabalho (no dia 01 de março, por exemplo, seria necessária uma jornada de 21,6 horas) para encaixá-las dentro do expediente de 10 horas da

obra, obtém-se uma diferença de 4 dias no tempo de execução das atividades de montagem de fôrmas, apenas para esta estrutura. Evidentemente, isto não representa necessariamente uma redução no prazo final da obra, uma vez que esta atividade pode não estar no caminho crítico da obra. Ainda, é fundamental lembrar que estes valores são aproximados, e diversas outras variáveis podem influenciar estes resultados.

4.3 CUSTOS

O orçamento de uma obra é de fundamental importância para seu sucesso, e para tanto, se faz necessário o uso de composições e custos o mais próximo da realidade quanto possível (TCPO, 2010, p. 6). Com este intuito, foram feitas análises das composições identificadas em obra e seus custos, comparadas com as composições e custos da literatura para fôrmas de madeira, a fim de quantificar a influência da preferência de um sistema sobre outro nos custos finais da obra.

Abaixo, segue a Tabela 5, com os custos levantados para a execução das fôrmas metálicas. Foram desconsiderados os custos indiretos comuns à montagem do sistema de fôrmas de madeira, a fim de simplificar o processo.

Tabela 5: Custos do sistema de fôrmas metálicas

ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
FÔRMAS	728,28	m ² /dia	R\$ 0,40/dia	R\$ 8.739,36
ESCORAMENTO	157,02	m ³ /dia	R\$ 0,27/dia	R\$ 1.271,86
ANDAIMES	1383,36	m ³ /dia	R\$ 0,27/dia	R\$ 11.205,22
MÃO DE OBRA	728,28	m ²	R\$ 50,00	R\$ 36.414,00
FRETES	9	um	R\$ 443,48	R\$ 3.991,29
INDENIZAÇÕES	1	um	R\$ 4.000,00	R\$ 4.000,00
DESMOLDANTE	0,246	galão	R\$ 500,00	R\$ 123,19
TOTAL				R\$ 65.621,73

Fonte: autoria própria

Os custos referentes às peças (fôrmas, escoramentos e andaimes) são os de contrato de aluguel das fôrmas, enquanto os valores de mão de obra são os acertados com os empreiteiros, e incluem montagem e desmontagem das fôrmas, bem como limpeza e carregamento. O valor de indenização é correspondente à multa contratual por perda/avaria permanente de peças. Os custos de frete e desmoldante foram

diluídos nas demais estruturas, e ponderados de acordo com a quantidade de fôrmas de cada estrutura.

Da análise dos dados coletados, é facilmente notada a grande proporção correspondente ao valor da mão-de-obra, de 55,49% do total. Isso se dá principalmente pelo fato de se tratar de um serviço especializado, em que é necessária mão-de-obra com qualificação menos comum no mercado. A composição da mão-de-obra também interfere neste resultado, pois estão incluídos os serviços de transporte das peças no canteiro, e também a limpeza após o uso.

Em seguida, é elaborada a Tabela 6, com os custos para a execução do mesmo serviço, usando fôrmas de madeira. Novamente, foram desconsiderados os custos indiretos comuns ao sistema de fôrmas metálicas.

Tabela 6: Custos simulados para o sistema de fôrmas de madeira

ITEM	QUANTIDADE	UNIDADE	VALOR UNITÁRIO	TOTAL
FÔRMAS (Insumos)	728,28	m ²	R\$ 27,39	R\$ 19.950,02
ESCORAMENTO (Insumos e mão de obra)	157,02	m ³	R\$ 10,31	R\$ 1.618,88
ANDAIMES	1383,36	m ³ /dia	R\$ 0,27/dia	R\$ 11.205,22
MÃO DE OBRA (Fabricação)	728,28	m ²	R\$ 27,89	R\$ 20.311,73
MÃO DE OBRA (Montagem e desmontagem)	601,88	HH	R\$ 11,67	R\$ 7.023,99
DESMOLDANTE	0,246	galão	R\$ 500,00	R\$ 123,19
TOTAL				R\$ 60.233,02

Fonte: autoria própria

Os valores usados para compor os custos de fabricação foram retirados da RESOLUÇÃO 046/2010 – SEOP-PR, p 47. A composição base usada foi a do item 1100566 – Fôrma com chapa de compensado plastificado 12mm p/ cortina de concreto, 2 reaproveitamentos. Os valores foram ajustados para 3 reaproveitamentos, para coincidir com a composição encontrada na TCPO. Os custos para escoramento foram retirados da tabela SERVIÇOS DE EDIFICAÇÕES - COM DESONERAÇÃO Resolução Conjunta SEIL/PRED 002/2017, item 73301, escoramento formas até h = 3,30m, com madeira de 3ª qualidade, não aparelhada, aproveitamento de tábuas 3x.

Observando os resultados medidos, comparados com os resultados simulados, nota-se uma diferença de custos totais de R\$ 5.388,71, que corresponde a uma redução de 8,2% do valor total originalmente gasto. Este resultado se deve

principalmente ao alto custo de mão-de-obra especializada, responsável por 55,4% do custo total da composição. Este resultado, somado à antecipação teórica do cronograma, vai de encontro ao proposto inicialmente, em que se previa um ganho de tempo na fase de montagem de fôrmas pelo uso de um método construtivo mais moderno que o convencional, em detrimento do custo, que ficaria mais elevado.

4.4 OBSERVAÇÕES GERAIS

Durante o acompanhamento do processo construtivo, foram feitas diversas medições, a fim de quantificar dados importantes de produtividade. Algumas características e informações importantes, porém, não podem ser quantificadas. Com o objetivo de reunir as impressões subjetivas dos funcionários a respeito do sistema de fôrmas metálicas, foram conduzidas conversas informais, questionando a opinião dos mesmos a respeito do sistema, uma vez que os mesmos têm certa experiência na montagem de fôrmas metálicas. Desta forma, também são apresentadas algumas considerações importantes sobre a escolha e uso do sistema em obras.

A primeira consideração a ser feita é a respeito da função da estrutura a ser construída. As estruturas observadas em obra têm como função principal a contenção de água. As implicações disto sobre o sistema de fôrmas, é a de que deve haver uma maneira de evitar os furos que ficam na estrutura de concreto devido às ancoragens (usando luvas *water-stop*) ou de repará-los (usando argamassas impermeabilizantes). No caso de estruturas em que não é necessária a contenção de água, a exemplo de casas com paredes de concreto, o processo torna-se mais simples, não havendo necessidade de instalar peças adicionais ou fazer grandes reparos posteriores. Isso deve ser considerado na escolha do sistema de fôrmas utilizados.

Durante o acompanhamento dos processos de transporte de fôrmas entre as estruturas da obra, notou-se a necessidade de uma pequena equipe, de 4 a 6 pessoas, para transporte. Estas equipes foram também auxiliadas por máquinas, como retroescavadeiras, em alguns momentos. Em conversa com os funcionários fazendo esse transporte, foi levantada a questão do peso das peças, mais elevado do que fôrmas de madeira de mesma dimensão. Esta característica foi confirmada pelos funcionários responsáveis pela montagem, que indicaram dificuldade em montagem,

principalmente de painéis que, nas maiores dimensões alugadas, de 60cm x 150cm, pesam 28kg. Na opinião dos montadores, o peso elevado atrapalha o transporte e posicionamento, principalmente quando feitos em altura. Isto também deve ser considerado no planejamento da montagem, pensando em plataformas mais largas, escadas de mais fácil acesso, e pontos de ancoragem para cinto de segurança.

Após a desmontagem das fôrmas da primeira etapa de concretagem, foi constatada uma diferença significativa entre o acabamento das paredes externas, que ficariam em contato com o solo, e as paredes das estruturas expostas. Em conversa com o mestre de obras responsável pelas estruturas em concreto, o mesmo explicou que isto se deve à conservação dos painéis usados. Conforme as peças eram empregadas em outras estruturas, as chapas de compensado inevitavelmente ficavam mais gastas, perdendo parte do revestimento plastificado e tornando-se irregulares. Ao mesmo tempo, alguns painéis sofriam danos nas armações metálicas que os compõe, como alinhamentos amassados e tortos, resultando em marcas ressaltadas no concreto ao redor dos painéis, e também vazamentos durante a concretagem, como pode ser visto nas figuras 34 e 35.



Figura 35: Vazamento no encontro de painéis desalinhados
Fonte: autoria própria



Figura 36: Irregularidades no concreto devido a avarias nas fôrmas
Fonte: autoria própria

Se a configuração final da estrutura é a de concreto aparente, serão necessários reparos e acabamentos no concreto, com discos de desbaste e outras ferramentas, a fim de garantir um aspecto esteticamente agradável. Isso evidencia a necessidade de cuidado com a conservação das peças, a fim de garantir um bom resultado em concretagens futuras e evitar retrabalhos.

Por último, é necessário considerar, durante a fase de planejamento e orçamento, que estruturas serão concretadas simultaneamente. A razão deste planejamento afetar a escolha do sistema de fôrmas da obra, se dá por motivos de conservação das fôrmas. Por exemplo, se forem concretadas diversas estruturas durante uma fase da obra, provavelmente serão necessárias grandes quantidades de fôrmas alugadas ao mesmo tempo. Porém, dada uma situação em que apenas uma estrutura é concretada em uma dada fase da obra, a necessidade de fôrmas na obra diminui. Nesse caso, mesmas peças serão usadas diversas vezes, o que tende a valorizar o uso de peças mais duráveis. Então o processo de escolha está também ligado a quantas vezes será necessário usar a mesma fôrma: quanto mais vezes forem necessárias, mais vantajoso será usar fôrmas metálicas, que são projetadas para usos repetidos. Este trabalho não contempla a análise de custos que poderia complementar esta afirmação, pesquisando um número de reutilizações a partir do qual seria economicamente mais interessante o uso de fôrmas metálicas.

5 CONCLUSÃO

O conhecimento a respeito dos processos construtivos e materiais usados em obra é fundamental para balizar um processo de decisão na fase de orçamento. Isto se mostrou válido também para os sistemas de fôrmas. São necessárias simulações de planejamento e orçamento da obra para tornar possível uma escolha bem fundamentada, que impacte positivamente nos critérios que possivelmente são os de maior preocupação para o engenheiro e orçamentista: custos e cronograma.

A aplicação de tecnologias mais desenvolvidas, garantidos os insumos necessários para sua plena utilização, claramente pode proporcionar vantagens no que diz respeito ao tempo de execução de uma atividade. No caso do sistema de fôrmas metálicas, fica evidente o ganho de produtividade no processo de montagem, e mais ainda na análise da atividade como um todo, considerando a economia no tempo de fabricação das fôrmas. Esta vantagem, porém, vem a custo de maiores investimentos em mão-de-obra especializada, insumos específicos como fretes e alugueis, e de modo geral, planejamento e logística no canteiro de obras. Deve-se, portanto, levar em consideração quantas estruturas, ou quantas fases de concretagem simultâneas pretende-se fazer na obra, a fim de determinar uma quantidade segura de metros quadrados de fôrma que serão necessários por etapa. De posse destas informações, deve-se realizar uma comparação entre os sistemas de fôrmas, levando em conta os custos totais e tempo estimado de execução dos mesmos, dando atenção especial à possibilidade de adiantamento no cronograma final da obra, que ultimamente pode acabar por alterar a diferença de custos, em favor de um sistema ou outro.

Para aumentar a eficiência do sistema de fôrmas metálicas, vale notar que as dimensões da estrutura podem ou não tornar a montagem das fôrmas um processo mais eficiente. Durante o acompanhamento das atividades, foi notada a necessidade de adaptações, usando fôrmas de madeira confeccionadas em obra, a fim de preencher vãos causados pela incompatibilidade entre as dimensões da estrutura e dos painéis. Como visto nos resultados, e reforçado ainda pelos valores da TCPO, a produtividade das fôrmas de madeira é menor que a do sistema metálico. Necessariamente, o uso de fôrmas de madeira vai reduzir a produtividade total da estrutura, e deve ser, portanto, evitado.

Por fim, a experiência dos envolvidos diretamente no processo construtivo não pode ser desconsiderada. Os aspectos práticos da montagem do sistema de fôrmas metálicas devem ser conhecidos pelo engenheiro, para possibilitar um diálogo fluido entre as partes, a fim de possibilitar soluções dos problemas de ergonomia, montagem, transporte, logística, e qualquer outra situação que possa vir a interferir no bom andamento do processo construtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15969. Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro, 2009.

BLOG CONSTRULIGA - <https://www.construliga.com.br/blog/>

FREIRE, T. M.; SOUZA, U. E. **Classificação dos sistemas de fôrmas para estruturas de concreto armado.** São Paulo: EPUSP 2001. 12p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/296).

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** - 4. ed. - São Paulo: Atlas, 2002

MARANHÃO, G. M. **Fôrmas para Concreto: subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97.** São Carlos, 2000. 188p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

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

MORIKAWA, M. S. **Materiais Alternativos Utilizados em Fôrmas para Concreto Armado.** Faculdade de Engenharia Civil, Dissertação de Mestrado, 123 págs. Universidade Estadual de Campinas, 2003.

NAZAR, N. **Fôrmas e escoramentos para edifícios.** – São Paulo; Pini, 2007.

NEIVA NETO, Romeu da Silva. **O projeto da produção de formas de estrutura de concreto armado incorporando BIM.** Campinas, 2014: Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. 125 p.

TCPO. **Tabela de Composições de Preços para Orçamentos**. São Paulo: PINI, 2010. 640p.

SEOP. **COMPOSIÇÕES DE SERVIÇOS DE EDIFICAÇÕES -COM DESONERAÇÃO**, Resolução Conjunta SEIL/PRED 002/2017 ref.: DEZEMBRO 2016 -vigência: FEVEREIRO 2017 -
<http://www.paranaedificacoes.pr.gov.br/arquivos/File/CustosEdificacoes/CustosdeObras/ComposicoesdeServicosdeEdificacoesComDesoneracao.pdf> -Acessado em 11/06/2018

SEOP. **RESOLUÇÃO 046/2010 – COMPOSIÇÃO UNITÁRIA DE SERVIÇOS**
http://www.der.pr.gov.br/arquivos/File/custos%20edificacoes/Composicoes_de_Servicos.pdf - Acessado em 11/06/2018

SH FÔRMAS, ANDAIMES E ESCORAMENTOS LTDA. **Manual SH de fôrmas para concreto e escoramentos metálicos**. São Paulo: Pini, 2008.

PORTAL AECWEB - https://www.aecweb.com.br/emp/cont/m/formas-para-laje-nervurada-reduzem-consumo-de-concreto-em-ampliacao-de-hospital_3453_3888 - Acessado em 11/06/2018

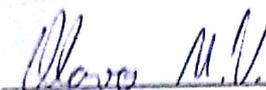
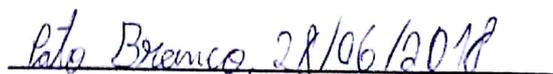
DECLARAÇÃO DE AUTORIAAutor¹: Olavo Mendes ValentiniCPF¹: 103.557.349-07Código de matrícula¹: 1542303Telefone¹: (046) 99924-5249e-mail¹: olavomv23@hotmail.comCurso/Programa de Pós-graduação: Engenharia CivilOrientador: Olavo Mendes Valentini

Coorientador: -

Data da defesa: 19 de junho de 2018Título/subtítulo: Utilização de fôrmas metálicas e mistas para concreto armado: aspectos executivos e econômicosTipo de produção intelectual: (X) TCC² () TCCE³ () Dissertação () Tese

Declaro, para os devidos fins, que o presente trabalho é de minha autoria e que estou ciente:

- dos Artigos 297 a 299 do Código Penal, Decreto-Lei nº 2.848 de 7 de dezembro de 1940;
- da Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, sobre os Direitos Autorais,
- do Regulamento Disciplinar do Corpo Discente da UTFPR; e
- que plágio consiste na reprodução de obra alheia e submissão da mesma como trabalho próprio ou na inclusão, em trabalho próprio, de idéias, textos, tabelas ou ilustrações (quadros, figuras, gráficos, fotografias, retratos, lâminas, desenhos, organogramas, fluxogramas, plantas, mapas e outros) transcritos de obras de terceiros sem a devida e correta citação da referência.


Assinatura do Autor¹
Local e Data¹ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.² TCC – monografia de Curso de Graduação.³ TCCE – monografia de Curso de Especialização.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO DE TRABALHOS DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO, DISSERTAÇÕES E TESES NO PORTAL DE INFORMAÇÃO E NOS CATÁLOGOS ELETRÔNICOS DO SISTEMA DE BIBLIOTECAS DA UTFPR

Na qualidade de titular dos direitos de autor da publicação, autorizo a UTFPR a veicular, através do Portal de Informação (PIA) e dos Catálogos das Bibliotecas desta Instituição, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9.610/98, o texto da obra abaixo citada, observando as condições de disponibilização no Item 4, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, visando a divulgação da produção científica brasileira.

1. Tipo de produção intelectual: (X) TCC¹ () TCCE² () Dissertação () Tese

2. Identificação da obra:Autor³: Olavo Mendes ValentiniRG³: 5.928.332CPF³: 103.557.349-07Telefone³: (46) 99924-5249e-mail³: olavomv23@hotmail.comCurso/Programa de Pós-graduação: Engenharia CivilOrientador: Volmir Sabbli

Coorientador: -

Data da defesa: 19 de junho de 2018Título/subtítulo (português): Utilização de fôrmas metálicas e mistas para concreto armado: aspectos executivos e econômicos

Título/subtítulo em outro idioma:

Área de conhecimento do CNPq: Engenharia Civil – Materiais e componentes de construção; Processos construtivos

Palavras-chave:

Palavras-chave em outro idioma: Produtividade, fôrmas metálicas, processos construtivos

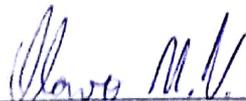
3. Agência(s) de fomento (quando existir): Universidade Tecnológica Federal do Paraná**4. Informações de disponibilização do documento:**Restrição para publicação: () Total⁴ () Parcial⁴ (X) Não Restringir

Em caso de restrição total, especifique o por que da restrição: _____

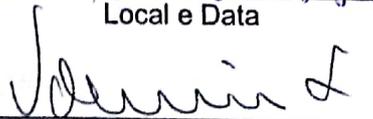
Em caso de restrição parcial, especifique capítulo(s) restrito(s): _____

Patro Branco, 28/06/2018

Local e Data



Assinatura do Autor



Assinatura do Orientador

Assinatura Coorientador

¹ TCC – monografia de Curso de Graduação.² TCCE – monografia de Curso de Especialização.³ Para os trabalhos realizados por mais de um aluno, devem ser apresentados os dados e as assinaturas de todos os alunos.⁴ A restrição parcial ou total para publicação com informações de empresas será mantida pelo período especificado no Termo de Autorização para Divulgação de Informações de Empresas. A restrição total para publicação de trabalhos que forem base para a geração de patente ou registro será mantida até que seja feito o protocolo do registro ou depósito de PI junto ao INPI pela Agência de Inovação da UTFPR. A íntegra do resumo e os metadados ficarão sempre disponibilizados.