

**FACULDADE CAPIXABA DA SERRA  
ENGENHARIA CIVIL**

**AMANDA NASCIMENTO DE FREITAS**

**BRUNA SERPA DE JESUS**

**JOÃO FILIPE COSTA**

**THIAGO SPADA SANTOS**

**SISTEMAS DE FÔRMA PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO:  
ESTUDO DE CASO COM UTILIZAÇÃO DE FÔRMA METÁLICA PERDIDA**

**SERRA  
2015**

**AMANDA NASCIMENTO DE FREITAS**

**BRUNA SERPA DE JESUS**

**JOÃO FILIPE COSTA**

**THIAGO SPADA SANTOS**

**SISTEMAS DE FÔRMA PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO:  
ESTUDO DE CASO COM UTILIZAÇÃO DE FÔRMA METÁLICA PERDIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia.

Orientador: Professora Iara Lorenzoni Bassetti.

Co-Orientador: Professor M.Sc. Ronaldo Trapiá Garcia.

SERRA  
2015

F866s FREITAS, Amanda Nascimento de.  
Sistemas de fôrma para estruturas de concreto armado:  
estudo de caso com utilização de fôrma metálica perdida /Amanda  
Nascimento de Freitas, Bruna Serpa de Jesus, João Filipe Costa,  
Thiago Spada Santos. – Serra: Faculdade Capixaba da Serra,  
2015.

49 fls.

Orientador: Ronaldo Trapiá Garcia.

Trabalho de conclusão de curso (Curso Engenharia Civil) –  
Faculdade Capixaba da Serra. 2015.

1. Construção civil. 2. Concreto armado. I. JESUS, Bruna Serpa  
de. II. COSTA, João Filipe. III. SANTOS, Thiago Spada. IV.  
GARCIA, Ronaldo Trapiá. V. Faculdade Capixaba da Serra. VI.  
Título.

CDD:624.18341

---

**AMANDA NASCIMENTO DE FREITAS**

**BRUNA SERPA DE JESUS**

**JOÃO FILIPE COSTA**

**THIAGO SPADA SANTOS**

**SISTEMAS DE FÔRMA PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO:  
ESTUDO DE CASO COM UTILIZAÇÃO DE FÔRMA METÁLICA PERDIDA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade Capixaba da Serra, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 09 de novembro de 2015.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

---

Profª Iara Lorenzoni Bassetti  
Faculdade Capixaba da Serra  
Orientadora

---

Profº Ronaldo Trapiá Garcia  
Faculdade Capixaba da Serra  
Co-orientador

## RESUMO

A construção civil no Brasil está em constante evolução, em prol da melhoria da qualidade das obras. Em função da competitividade do mercado as empresas têm buscado a racionalização nos processos construtivos, que atualmente tem sido determinante para o sucesso de um projeto. Novos tipos de fôrma vêm ganhando espaço, proporcionando maior produtividade e qualidade nas construções. Desta forma, esta pesquisa visa apresentar a evolução no sistema de fôrmas para concreto armado utilizada no Brasil, em especial no mercado da construção do Estado do Espírito Santo, apresentando os tipos de fôrma, suas aplicações, vantagens e desvantagens, e apresentar o estudo de caso com a utilização de forma metálica perdida em duas construções executadas no Estado. Nestes casos serão verificadas as vantagens da utilização deste sistema, seu custo em relação à forma convencional de madeira, e tipos de construção que podem se utilizar do seu emprego.

**Palavras-chave:** Racionalização, fôrma metálica perdida, *QuickJet*.

## **ABSTRACT**

The construction industry in Brazil is constantly evolving in order to improve the quality of the works. Depending on the market competitiveness companies have sought to rationalize the construction process, which now has been instrumental to the success of a project. New types of mold are gaining space, providing higher productivity and quality in construction. Thus, this research aims to present developments in formwork system for concrete used in Brazil, especially in the construction market of the State of Espírito Santo, with the types of mold, its applications, advantages and disadvantages, and present the study case using metal lost form in two buildings performed in this state. In these cases will be verified the advantages of using this system, its cost compared to conventional form of timber and building types that can be used from his job.

**Keywords:** Rationalization, metal formwork lost, *QuickJet*.

## LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Cronograma de Atividades.....	6
Figura 2 - Uso excessivo de madeira para fôrmas.....	8
Figura 3 - Fôrma e escoramento pré-fabricados. ....	9
Figura 4 - Montagem de fôrma metálica - SAAE Linhares. ....	10
Figura 5 - Montagem de fôrmas plásticas para laje nervurada.....	10
Figura 6 - Fôrma de madeira para pilarete de fundação. ....	11
Figura 7 - Fôrma executada em madeira serrada. ....	13
Figura 8 - Fôrma em chapa compensada para caixa de passagem.....	15
Figura 9 - Esquema de montagem e imagem de forma trepante Rohr. ....	18
Figura 10 - Montagem de fôrma tipo Concreform SH.....	19
Figura 11 - Fôrma plástica na execução de laje nervurada.....	21
Figura 12 - Molde de caixa plástica da Protensão Impacto.....	21
Figura 13 - Vista Inferior de laje nervurada executada com molde da Protensão Impacto. ....	22
Figura 14 - Placa plástica "Plasterit". ....	22
Figura 15 - Uso de <i>QuickJet</i> em cintas e pilares. ....	23
Figura 16 - Detalhe da tela e montagem do <i>QuickJet</i> em fundação.....	24
Figura 17 - Fôrma de papelão para execução de pilar.....	25
Figura 18 - Execução de piscina com fôrma em chapa de aço galvanizado.....	26
Figura 19 - Fôrma de tijolo para pasta. ....	27
Figura 20 - Representação esquemática da rota de dutos.....	28
Figura 21 - Módulos de Envelopes prontos com <i>QuickJet</i> . ....	30
Figura 22 - Caixas de inspeção montadas com <i>QuickJet</i> . ....	31
Figura 23 - Posicionamento de envelope montado em escavação. ....	33
Figura 24 - Conclusão do posicionamento e concretagem de envelopes. ....	34

Figura 25 - Reaterro de envelope com areia adensada. ....	34
Figura 26 - Gráfico de MOD e MOI Rede de Dutos, semanas 50 a 52. ....	36
Figura 27 - Montagem de fôrma metálica perdida em sapata. ....	39
Figura 28 - Cronograma com execução de fôrma de madeira. ....	40
Figura 29 - Cronograma com execução de fôrma <i>QuickJet</i> . ....	40
Figura 30 - Sapatas do Faça Fácil concretadas in loco. ....	41
Figura 31 - Detalhe e reaterro da sapata do Faça Fácil. ....	41
Figura 32 - Gráfico de Custo e Produtividade das fôrmas. ....	45

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Espessura de chapas compensadas.....	14
Tabela 2 - Vantagens e desvantagens da chapa compensada.....	14
Tabela 3 - Fôrmas metálicas utilizadas no mercado. ....	17
Tabela 4 - Fôrmas mistas de perfil metálico e chapas compensadas utilizadas no mercado. ....	19
Tabela 5 - Quantidades previstas no projeto da Rota de Dutos. ....	29
Tabela 6 - Cronograma Macro do Projeto .....	35
Tabela 7 - Mão-de-obra direta para execução de estrutura em concreto.....	35
Tabela 8 - Mão-de-obra Indireta (MOI).....	36
Tabela 9 - Composição de preço - Fôrma em madeira. ....	37
Tabela 10 - Composição de preço de fôrma metálica perdida <i>QuickJet</i> . ....	38
Tabela 11 - Produtividade com uso de <i>QuickJet</i> . ....	42
Tabela 12 - Prazo para execução de fôrmas com painéis de madeira.....	43
Tabela 13 - Efetivo para execução de fôrma em painéis de madeira.....	43
Tabela 14 - Custos Gerais de execução das fôrmas.....	44
Tabela 15 - Custo de Mão-de-obra em 176 dias. ....	44

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	<b>3</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
2.2	OBJETIVO ESPECÍFICO .....	3
<b>3.</b>	<b>HIPÓTESE DE RESULTADOS</b> .....	<b>4</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>5</b>
<b>5.</b>	<b>CRONOGRAMA</b> .....	<b>6</b>
<b>6.</b>	<b>UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL</b> .....	<b>7</b>
6.1	CONCEITO E UTILIZAÇÃO DAS FÔRMAS.....	7
6.2	EVOLUÇÃO DAS FÔRMAS.....	7
<b>7.</b>	<b>TIPOS DE FÔRMAS REUTILIZÁVEIS</b> .....	<b>11</b>
7.1	FÔRMAS DE MADEIRA .....	11
7.1.1	FÔRMAS DE MADEIRA SERRADA .....	12
7.1.2	FÔRMAS DE CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA .....	13
7.1.3	FÔRMAS DE CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA .....	15
7.1.4	FÔRMAS DE CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA .....	15
7.2	FÔRMAS METÁLICAS.....	16
7.3	FÔRMAS MISTAS.....	18
7.4	FÔRMAS PLÁSTICAS .....	20
<b>8.</b>	<b>TIPOS DE FÔRMAS PERDIDAS</b> .....	<b>23</b>
8.1	FÔRMAS PERDIDAS METÁLICAS.....	23
8.2	FÔRMAS DE PAPELÃO .....	25
8.3	FÔRMAS EM CHAPAS DE AÇO GALVANIZADO .....	26
8.4	FÔRMAS EM BLOCO DE CONCRETO.....	26

<b>9.</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	28
9.1	CASO DA CONSTRUÇÃO DA ROTA DE DUTOS.....	28
9.1.1	ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DA REDE DE DUTOS .....	30
9.1.2	PRAZOS DE EXECUÇÃO E EFETIVO .....	34
9.1.3	CUSTOS DO PROJETO .....	37
9.2	CASO DA CONSTRUÇÃO DE FUNDAÇÕES DA CENTRAL DE ATENDIMENTO AO CIDADÃO.....	39
<b>10.</b>	<b>ANÁLISE CRÍTICA</b> .....	42
<b>11.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	46
<b>12.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	47
12.1	BIBLIOGRAFIA CITADA .....	47
12.2	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	49

## 1. INTRODUÇÃO

A construção civil é um importante segmento da indústria brasileira, tida com um indicativo do crescimento econômico e social. Grande parte das construções é executada em estruturas em concreto armado. Este tipo de estrutura depende do auxílio de fôrmas no processo de construção, e inicialmente não havia uma preocupação com execução das mesmas, ficando sua execução sob a responsabilidade dos mestres de obra. Eram desenvolvidos projetos somente para dimensionamento do concreto e das armaduras, e tal fato acarretava aumento no consumo de materiais e grande necessidade de mão-de-obra (FILHO et al., 2012).

O alto consumo de materiais nas construções gera desperdícios que resultam em elevado volume de resíduos. Estima-se que a geração de RCC (Resíduos de Construção Civil) represente, em média, de 300 a 500 kg/hab.ano no Brasil (GUSMÃO, 2008) e podem representar de 50 a 70% da massa dos resíduos sólidos urbanos (BRASIL, 2002). Este elevado volume de resíduos gerado fez com que novas tecnologias ganhassem espaço de forma a minimizar impactos ambientais. Novas soluções na execução de fôrmas foram desenvolvidas pensando na reutilização.

As fôrmas têm por função moldar o concreto até a sua cura (NBR15696:2009), e inicialmente eram executadas em madeira, matéria-prima abundante no Brasil. Devido a grande quantidade presente, não havia a preocupação com seu consumo e com o custo. Com o passar do tempo o custo deste material se elevou, e o que anteriormente não necessitava de um estudo ou projeto prévio, passou a ter sua análise de grande importância na construção, fazendo com que as fôrmas tivessem projetos pré-elaborados, visando seu melhor aproveitamento e aumento de produtividade.

Visando se adequar à competitividade do mercado da construção civil, e a necessidade de construir com menor custo, menor mão-de-obra e menor impacto ambiental; as empresas têm buscado melhorias na qualidade e na racionalização dos processos construtivos. Esta busca tem feito com que novas tecnologias para execução de fôrmas sejam empregadas nas construções.

O uso de madeira como fôrmas para moldagem de peças estruturais já está ultrapassado para determinados tipos de construções de acordo com Nakamura (2014). Sendo assim, o Brasil vem adotando novas tecnologias como as fôrmas metálicas, fôrmas mistas, com uso de painéis em madeira e perfis metálicos, fôrmas plásticas. Nos casos onde não é possível a execução de desforma, tem-se empregado a forma metálica perdida, que é uma nova tecnologia na montagem de formas. Seu emprego será apresentado nesta pesquisa através de estudo de caso, de forma a avaliar as vantagens do uso desta fôrma na construção civil.

## 2. OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem por objetivo apresentar os métodos de fôrma para concreto armado empregadas no Espírito Santo, mostrando seus tipos, aplicações, vantagens e desvantagens. Analisar através do estudo de caso o uso de fôrma metálica perdida, comparando custos e benefícios com fôrma de madeira, em casos de fundações e estruturas de concreto armado aterradas.

### 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Analisar a viabilidade do uso de fôrma metálica perdida em fundações e estruturas de concreto armado aterradas, avaliando os seguintes aspectos:

- Características e aplicação da fôrma metálica perdida;
- Vantagens e desvantagens do seu uso na construção civil;
- Custo de mão-de-obra e materiais para execução do serviço.

Mostrar os resultados de forma que possibilite identificar as condições necessárias para o emprego deste método, em que condições é mais viável sua utilização em relação à fôrma de madeira. Apresentar os preços dos dois métodos construtivos através de orçamentos com base em preços atuais, e a produtividade alcançada nos casos estudados.

### **3. HIPÓTESE DE RESULTADOS**

A utilização do novo sistema de fôrma metálica perdida, quando aplicável, poderá apresentar ganhos em produtividade por dispensar a desforma, e apresentar maior versatilidade na aplicação de diversas formas geométricas. Outras vantagens deste método são a redução de homem/hora, dos riscos de acidentes na obra, e da despesa com transporte e com a área de estocagem. Além destes pode-se citar a minimização na geração de resíduos, e minoração dos custos com descarte. O novo sistema apresenta-se vantajoso, quando há possibilidade de ser aplicado, quando comparado à fôrma de madeira. Deve-se verificar a sua viabilidade para o projeto, levando em consideração os quantitativos a serem executados e o valor do empreendimento, pois o custo por m<sup>2</sup> da fôrma metálica perdida é superior ao da fôrma de madeira comum, porém a sua produtividade é superior.

#### **4. METODOLOGIA**

Para desenvolvimento desta pesquisa serão feitas revisões bibliográficas de forma a demonstrar os métodos utilizados de fôrmas para construções em concreto armado, apresentando suas características, vantagens, desvantagens e aplicações. Serão apresentados tipos de fôrmas reutilizáveis e fôrmas perdidas. No estudo de caso serão feitos comparativos entre fôrma de madeira com a fôrma metálica perdida, avaliando a produtividade e custos dos métodos.

A partir da interpretação das pesquisas, será realizado o levantamento quantitativo e de custos no sistema de fôrmas, visando demonstrar qual método apresentará maior viabilidade econômica e construtiva. Os quantitativos de custos e materiais serão levantados a partir das tabelas complementares das empresas a serem estudadas e preços atualizados consultados no Instituto de Obras Públicas do Estado do Espírito Santo (IOPES).

Serão realizadas pesquisas bibliográficas sobre as fôrmas para concreto armado, que segundo Jung (2003, p.137) “[...] tem por finalidade conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno”, além de apresentar um estudo de caso, que “[...] É um meio de organizar dados sociais preservando o caráter unitário do objeto social estudado” (GOODE; HATT, 1969, p.422), onde a fôrma de madeira foi substituída por fôrma metálica perdida com o intuito de otimizar o prazo de entrega da obra.

## 5. CRONOGRAMA

Para desenvolvimento desta pesquisa foram previstas atividades e metas a serem cumpridas, detalhadas em cronograma apresentado abaixo na Figura 1. É de suma importância para o desenvolvimento de um projeto que o mesmo seja planejado, de forma a se fazer cumprir as atividades propostas nos prazos estabelecidos, evitando desvios e atrasos nas entregas.

Desenvolver o cronograma é uma das etapas do grupo de processos de planejamento citados no Guia PMBOK. “Desenvolver o cronograma é o processo de análise de sequências das atividades, suas durações, recursos necessários e restrições, visando criar o cronograma do projeto” (PMI, 2008, p.50).

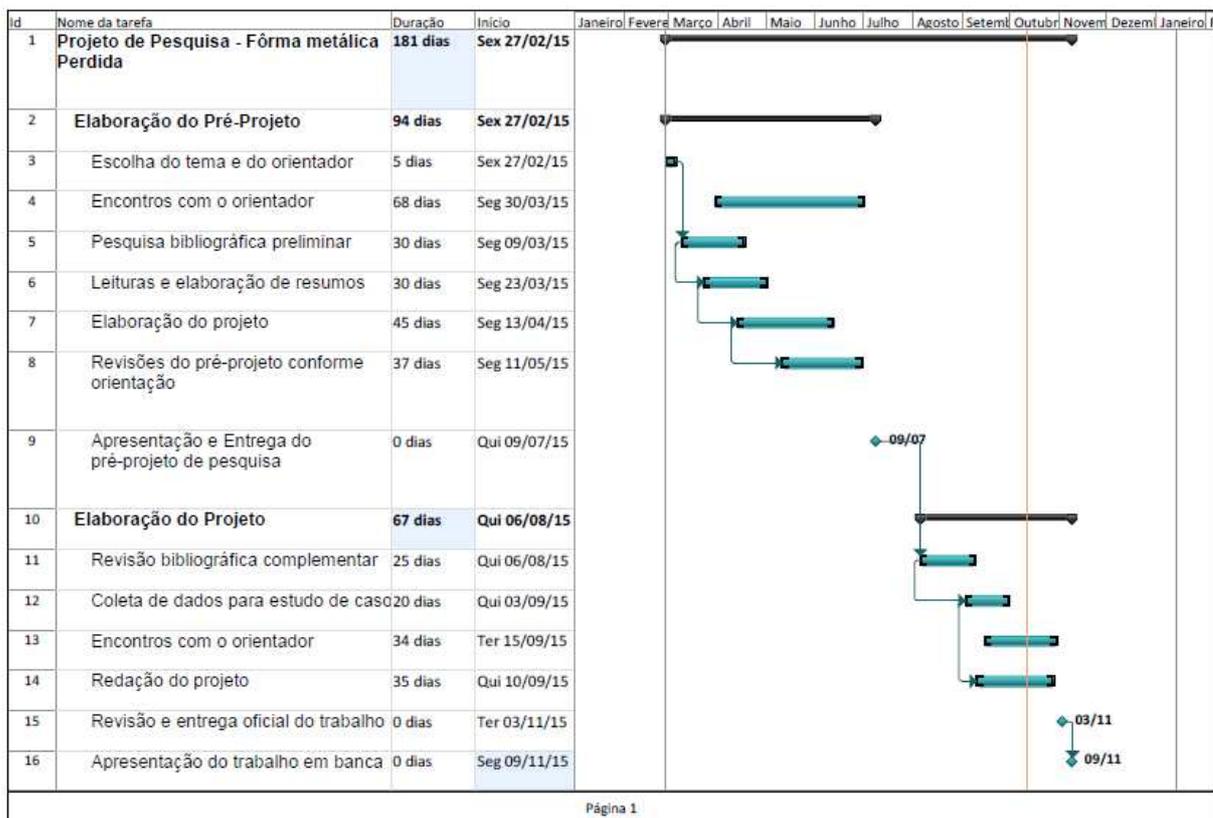


Figura 1 - Cronograma de Atividades

Fonte: Autores.

## **6. UTILIZAÇÃO DE FÔRMAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

### **6.1 CONCEITO E UTILIZAÇÃO DAS FÔRMAS**

As fôrmas 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). Além da madeira, que é o tipo de fôrma mais conhecida e antiga no Brasil, existem outros tipos de fôrmas como, as fôrmas de metálicas, mistas entre outras.

A fôrma, também chamada de molde ou cofragem, é responsável por dar a forma desejada à estrutura, deve suportar o peso do concreto, pressão lateral e sobrecargas advindas de equipamentos e da circulação durante a execução da concretagem. Deve ter sua estabilidade garantida por escoramentos e cimbramentos. O tipo de forma a ser utilizada para determinada construção deve ser definida pelo projetista visando o tipo mais econômico que atenda às necessidades do projeto (FREITAS, 2011) e deve atender aos requisitos básicos previstos na NBR 14931:2004, bem como as normas de estruturas de madeira (NBR 7190:1997) e metálicas (NBR 8800:2008). Outra característica que a fôrma deve apresentar é estanqueidade, deve ser de fácil montagem e desmontagem.

As fôrmas podem ser de tipos diferentes de acordo com sua aplicação, e em alguns casos não é possível efetuar a sua retirada, desmontagem. A este tipo de fôrma que não será desformada, ficando solidária à estrutura, se dá o nome de fôrma perdida. Esta fôrma pode ou não ter função estrutural na peça, contribuindo na sua resistência, e não pode ser reutilizada. As fôrmas recuperáveis, que podem ser desmontadas e reutilizadas são as mais comuns na construção (FREITAS, 2011).

### **6.2 EVOLUÇÃO DAS FÔRMAS**

Segundo Hurd (1989), a evolução das fôrmas iniciou durante o século XX, conforme o crescimento e a utilização durante as obras de construção civil. Sendo assim, entende-se que as fôrmas são um conjunto de elementos para a execução de estruturas de concreto armado. No momento em que o concreto passou a assumir

funções não só estruturais, mais também arquitetônicas, as fôrmas tiveram que evoluir. Desde então, tornou-se de extrema importância para os projetistas de fôrmas e os construtores estarem atentos nas evoluções tecnológicas, a fim de desenvolver inovações criativas com o objetivo de manter a qualidade, o custo, e otimizar da mão de obra.

Segundo Hollerschmid (2003), a primeira transformação se deu com o uso de chapas de madeira compensada substituindo as tábuas de pinho, no início dos anos 50. Estas por sua vez já evoluíram muito até os dias atuais, mas não mudaram o conceito de utilização da madeira no processo de fôrmas. Essa evolução, portanto, não reduziu o desperdício de materiais e de mão-de-obra, como pode ser visto na figura 2 abaixo, que mostra o consumo excessivo de madeira na execução de uma fôrma. Necessitava-se então de melhorias neste processo pois a fôrma já participava significativamente dos custos do concreto. Passou-se então à execução de projetos específicos para execução das fôrmas, evitando o uso excessivo de peças e de pregos, que danificavam as formas no momento de sua retirada, e por consequência trazendo a redução de custos.



Figura 2 - Uso excessivo de madeira para fôrmas.  
Fonte: HOLLERSCHMID, 2003, p.8.

Na segunda metade da década de 70 se iniciaria a fabricação, em nível industrial, de painéis de fôrma e escoramentos projetados (HOLLERSCHMID, 2003), como pode ser visto na figura 3, que apresenta fôrmas e escoramentos pré-fabricados para concretagem de vigas. Este fato contribuiu para a racionalização construtiva,

reduzindo significativamente as perdas e gerando menos resíduos. Os serviços de carpintaria foram otimizados, reduzindo-se o homem/hora para execução de fôrmas e aumentando a produtividade.



Figura 3 - Fôrma e escoramento pré-fabricados.  
Fonte: HOLLERSCHMID, 2003, p.10.

Devido à necessidade de atender ao volume de construções realizadas nos anos seguintes, a indústria passou a produzir fôrmas metálicas para concreto. As primeiras fôrmas utilizadas foram importadas e utilizadas em grandes estruturas. Posteriormente tiveram sua utilização expandida ao mercado habitacional (HOLLERSCHMID, 2003). Na figura 4 é possível ver a montagem de fôrma metálica na construção de um Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), no município de Linhares – ES.



Figura 4 - Montagem de fôrma metálica - SAAE Linhares.  
Fonte: SH Brasil (disponível em:  
(<https://www.flickr.com/photos/shbrasil/17136792741/in/photostream/>).

Nos últimos 30 anos a indústria continuou a evoluir, criando sempre métodos mais eficientes buscando reduzir custos da obra. Foram apresentadas as fôrmas mistas, com uso de chapas de madeira compensada revestida e perfis metálicos, fôrmas plásticas, entre outras. O plástico vem ganhando espaço devido a sua versatilidade, empregado na forma de chapas de pvc, plástico reforçado com fibra de vidro, polipropileno, poliuretano e plásticos recicláveis (MORIKAWA e DERMAZO, 2003). A figura 5 abaixo mostra a vista inferior de fôrmas plásticas montadas para execução de laje nervurada.



Figura 5 - Montagem de fôrmas plásticas para laje nervurada.  
Fonte: FILHO et al., 2012, p.12.

## 7. TIPOS DE FÔRMAS REUTILIZÁVEIS

### 7.1 FÔRMAS DE MADEIRA

O sistema de fôrma de madeira é o mais antigo processo de confecção de fôrma na construção civil, e ainda hoje, é o mais utilizado, principalmente em pequenas construções. Segundo Nazar (2007), o sistema de fôrma de madeira é o mais utilizado no Brasil, pela cultura das empresas em empregar esse processo e por ser o mais acessível nas empresas de pequeno porte. Geralmente não existe projeto específico da exceção das fôrmas em empreendimentos onde não há carga significativa, sendo as mesmas executadas de acordo com a experiência do mestre de obra, o que pode gerar perda na qualidade por falta de padrão na execução e aumento de custos no processo. Essa falta de padronização pode gerar consumo de insumos em excesso, gerando prejuízos ao empreendimento. A figura 6 mostra a execução de fôrma de madeira para um pilarete de fundação da obra de um Centro de Atendimento ao Cidadão.



Figura 6 - Fôrma de madeira para pilarete de fundação.  
Fonte: Acervo próprio.

Existem algumas restrições ao uso de fôrmas de madeira, pois a mesma apresenta pouca durabilidade, baixa resistência nas junções, alta deformação quando submetida a variações bruscas de umidade e por ser inflamável. Em construções de edifícios este tipo de fôrma vem tendo pouca utilização, por ser de mais difícil

obtenção devido às políticas de reflorestamento e a restrição da sua utilização por ser inflamável (BARROS e ARAÚJO, 2006), além de agregar baixa produtividade. As fôrmas de madeira podem ser compostas por tábuas de pinho, cedrinho, jatobá e pinus. Estas tábuas são utilizadas como painéis laterais e de fundo dos elementos a serem concretados.

### **7.1.1 FÔRMAS DE MADEIRA SERRADA**

As madeiras serradas são comumente utilizadas na construção civil na forma de pranchões, pontaletes, vigas, caibros, tábuas, sarrafos e ripas. As fôrmas fabricadas com esta madeira são as chamadas de tábua comum.

A madeira serrada é proveniente do desdobro de toras, constituídas de peças cortadas longitudinalmente através de serras. No Brasil é proveniente de madeiras nativas, extraídas no Norte do país; de Pinus, no Sul, e de eucalipto, no Sudeste. Estas madeiras podem ser utilizadas em sua forma bruta, ou podem passar por beneficiamento.

Segundo Fagundes (2003), as madeiras nativas são utilizadas para serrados, manufaturados e painéis tipo compensado laminado, voltados para o mercado externo e para indústria da construção no Sul e Sudeste do Brasil, e não possuem atividades de reflorestamento. A madeira de pinus é utilizada para serrados, compensados e painéis de madeira aglomerada, utilizadas pela indústria moveleira e em menor quantidade pela construção civil. A madeira do gênero *Eucalyptus* é utilizada pela indústria de celulose e papel, carvão vegetal, na indústria de embalagens e moveleira. Vem sendo utilizada na construção civil em substituição à madeiras mais nobres.



Figura 7 - Fôrma executada em madeira serrada.  
Fonte: CARMO, 2007, p.6.

A figura 7 acima representa uma forma executada em madeira serrada. Segundo Carmo (2007), este tipo de forma apresenta baixa durabilidade, dificuldade de acabamento e necessita de muita mão-de-obra. Ainda é vantajosa para utilização em obras pequenas e reformas, por ser de baixo custo (FARINHA, 2005).

#### **7.1.2 FÔRMAS DE CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA**

No período da Segunda Guerra Mundial houve muito consumo de madeira na construção, principalmente da madeira de pinho, que era a mais utilizada naquela época. Foi necessário então substituir a sua utilização por outro tipo de tábua na confecção das fôrmas, o que fez com que se iniciasse a produção de chapas de madeira compensada no Brasil (FARINHA, 2005).

Segundo Stamato (1998), a madeira compensada é fabricada a partir de madeiras leves, de média densidade, que são cortadas em laminas por um laminador. Geralmente são compostas por uma quantidade ímpar de lâminas que são unidas através de costuras, grampeamento ou adesivos. As que são coladas após a colagem são prensadas. As chapas devem ser fabricadas de forma a resistir à água a demais esforços, para que atenda as mais variadas aplicações. Necessitam de impermeabilização eficiente evitando a absorção de água pela lâmina externa, impedindo que a resistência da chapa seja comprometida.

As chapas são classificadas segundo o seu local de aplicação. São divididas em três tipo:

- IR: para utilização interior. Adequada para locais protegidos da ação de água ou umidade elevada;
- IM: intermediária. Utilização em área interna que possua umidade elevada, e eventual ação de água.
- EX: exterior. Chapa colada com cola à prova d'água, para uso exterior, sujeitas à umidade e secagem em ciclos.

As fôrmas aplicadas a estruturas de concreto são as chapas classificadas como EX. Podem ser expostas ao tempo sem proteção extra, mantendo suas características de durabilidade. A tabela 1 abaixo mostra o número mínimo de lâminas que compõem determinada espessura da chapa compensada. As chapas devem possuir dimensões de 2,44 x 1,22m, devem ser retangulares, e ter espessura entre 4 e 21 mm.

Tabela 1 - Espessura de chapas compensadas.

<b>Espessura (mm)</b>	<b>Nº mínimo de lâminas</b>	<b>Tolerância (mm)</b>
4	3	±0,5
6	3	±0,6
9	5	±0,7
12	5	±0,8
15	7	±1,0
18	7	±1,0
21	9	±1,0

Fonte: Autores (adaptação de STAMATO, 1998, p.16).

Na tabela 2 é possível verificar as vantagens e desvantagens quanto ao uso da chapa compensada, cuja aplicação é mostrada na figura 8, quando da montagem de fôrma para concretagem de caixa de passagem para cabeamento.

Tabela 2 - Vantagens e desvantagens da chapa compensada.

<b>Aplicação</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilares</li> <li>• Vigas</li> <li>• Lajes</li> <li>• Caixas de passagem</li> <li>• Envelopes elétricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaproveitamento em outras peças</li> <li>• Maior adaptabilidade</li> <li>• Flexibilidade de uso</li> <li>• Baixo custo de matéria-prima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior geração de resíduos</li> <li>• Menor número de reutilizações</li> <li>• Necessidade de carpintaria em canteiro</li> </ul>

Fonte: Autores (adaptado de LOTURCO, 2005).



Figura 8 - Fôrma em chapa compensada para caixa de passagem.  
Fonte: Acervo próprio.

Sem dúvidas nenhuma a chapa de madeira compensada é o material mais utilizado como molde para as fôrmas de concreto. Entretanto, é de primordial importância que esses painéis possam ser reaproveitados o maior número de vezes possível, bem como sejam devidamente especificados para a sua utilização (MARANHÃO, 2000, p.31).

### **7.1.3 FÔRMAS DE CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA**

Chapas de madeira revestida são as chapas compensadas que recebem tratamento resinado sobre sua superfície e laterais. É utilizada uma resina fenólica líquida para este processo, que oferece à chapa uma proteção não muito eficiente, pois o processo de polimerização da chapa não é eficiente (MARANHÃO, 2000).

Ao longo das concretagens a resina vai sendo retirada, reduzindo a proteção da chapa. Com isso o número de reaproveitamentos do painel é diminuído passando a ser reutilizado entre 4 e 5 vezes.

### **7.1.4 FÔRMAS DE CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA PLASTIFICADA**

Chapas de madeira revestida são as chapas compensadas que recebem sobre sua superfície resina fenólica, como as madeiras resinadas, porém na forma de filme. As laterais são impermeabilizadas e seladas com resina epóxi, permitindo que este material possua uma vida útil maior, podendo ser reutilizada mais vezes, além de agregar maior qualidade ao acabamento do concreto (MARANHÃO, 2000). Dependendo da aplicação, uma fôrma de chapa de madeira plastificada pode ser reutilizada até 40 vezes, e são muito utilizadas na fabricação de fôrmas mistas.

## 7.2 FÔRMAS METÁLICAS

Segundo os estudos de Bauer (1994) as fôrmas metálicas são compostas por chapas de aço de diversas espessuras, que irão depender “[...] das dimensões dos elementos a concretar e dos esforços que deverão resistir. Os painéis de metálicos são indicados para a fabricação dos elementos de concreto pré-moldados, com as fôrmas permanecendo fixas durante as fases de armação, lançamento, adensamento e cura” (BAUER, 1994). Embora necessitem de maiores investimentos, a fôrma metálica apresenta como vantagens a durabilidade, praticidade, rapidez e a facilidade de montagem.

Empresas especializadas garantem que o sistema pode gerar até 50% de ganho de produtividade segundo Costa (2014). Reaproveitáveis e moduláveis, as fôrmas industrializadas ou metálicas incorporam-se a linha de montagem da obra, sendo que um projeto adequado e a mão-de-obra treinada podem tornar esses equipamentos mais econômicos segundo Azevedo (2008).

As fôrmas metálicas são constituídas basicamente por painéis de fôrma estruturada com grelhas de aço carbono e material de revestimento em chapa compensada plastificada, com travamento entre fôrma interna e externa em barras de aço 5/8 e porca, e travamento entre painéis de um mesmo lado de gavetas. Segundo Azevedo (2008) alguns cuidados devem ser adotados para a conservação das fôrmas. São eles:

- Escorar, fixar e atirantar as fôrmas segundo as normas, de modo a evitar deformações;
- Manusear as fôrmas de forma correta evitando danos;
- Fazer controle da concretagem de forma a evitar aumento das pressões laterais;
- Evitar contato de vibradores com os painéis da fôrma;
- Observar se estão disponíveis na quantidade desejada os equipamentos necessários;
- Adotar sistema de escoramento compatível com relação à produtividade e o tipo de execução;
- Prever a necessidade de utilizar equipamentos auxiliares como caçambas, guias e plataformas.

Na tabela 3 abaixo estão relacionados alguns tipos de fôrmas metálicas utilizadas no mercado, citadas por AZEVEDO (2008), suas aplicações e características.

Tabela 3 - Fôrmas metálicas utilizadas no mercado.

<b>Tipo de Fôrma</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Componentes</b>	<b>Número de reutilizações</b>	<b>Produtividade</b>
Fôrma pesada	Paredes	Painéis, escoras telescópicas de alinhamento e prumo, andaime de trabalho	Chapa metálica: 60 vezes	1,0 hh/m <sup>2</sup>
Rohr - Hand - e - Form (H-F)	Fundações, pilares, paredes, cortinas, muros de arrimo e pré-moldados	Painéis, grapas de uniao, tensores, passadores e alinhadores	Chapa metálica: 60 vezes	0,20 hh/m <sup>2</sup>
Auto Portante Rohr	Barragens, eclusas, canais, pilares de grandes dimensões	Perfis laminados unidos por pinos e ancoragens	Chapa metálica: 60 vezes	0,20 hh/m <sup>2</sup>

Fonte: Autores (com base em AZEVEDO, 2008).

A figura 9 representa o esquema de montagem e a imagem da fôrma trepante Rohr, desenvolvidas para atender obras pesadas, com altura de concretagem de 2,50 m.

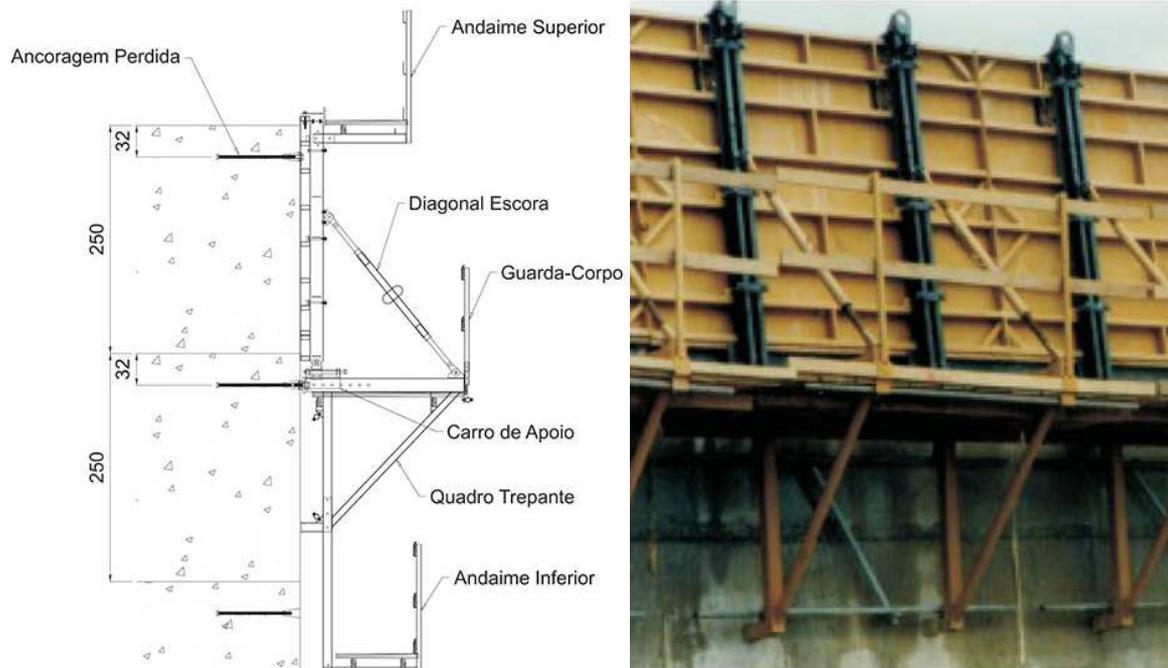


Figura 9 - Esquema de montagem e imagem de forma trepante Rohr.

Fonte: Rohr. Disponível em: <http://catalogo.rohr.com.br/viewitems/formas-para-concreto/forma-auto-portante?&bc=100|1219|1004>.

### 7.3 FÔRMAS MISTAS

Para superar as dificuldades e as deficiências do uso de madeira nas obras, têm sido desenvolvidos novos sistemas de utilização e reutilização de fôrmas na moldagem de estruturas de concreto, visto que seu preço é elemento determinante dos custos totais dos empreendimentos. No caso de edifícios, as opções encontradas pelas empresas que fabricam as fôrmas industrializadas mistas se tornam interessantes do ponto de vista econômico aliado ao aspecto técnico, uma vez que estas fôrmas podem ser reutilizadas centenas de vezes, pois são constituídas por painéis de chapa de madeira, revestidos com filme de grande resistência, estruturados em perfis metálicos (HOLLERSCHMID, 2003).

Geralmente as fôrmas mistas são “[...] compostas de painéis de madeira com travamentos e escoramentos metálicos. As partes metálicas têm durabilidade quase que infinita (se bem cuidadas) e as peças de madeira tem sua durabilidade restrita a uma obra em particular ou com algum aproveitamento para outras obras” (BAUER, 1994).

A fôrma mista necessita dos mesmos cuidados de utilização da fôrma metálica. Na tabela 4 são mostrados alguns tipos de fôrma mista, compostas por perfis metálicos

e chapas de madeira compensada, utilizadas no mercado. A figura 10 mostra uma fôrma mista, tipo Concreform da SH, montada na obra do Aeroporto Tancredo Neves, em Confins-MG.



Figura 10 - Montagem de fôrma tipo Concreform SH.  
Fonte: SH Brasil. Disponível em: <http://www.sh.com.br/artigo/aid/5>.

Tabela 4 - Fôrmas mistas de perfil metálico e chapas compensadas utilizadas no mercado.

<b>Tipo de Fôrma</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Componentes</b>	<b>Número de reutilizações</b>	<b>Produtividade</b>
Peri Handset	Paredes, laterais de viga, fundações e pilares	Painéis, cliques de uniao, ancoragens e apuradores	Chapa compensada plastificada: 70 vezes	0,5 hh/m <sup>2</sup>
Mills SL 2000	Blocos, pilares, paredes, laterais de vigas e cintas	Painéis, pinos de trava, conjunto de tirantes e porcas, escoras de prumo e acessórios	Chapa compensada plastificada: 60 a 70 vezes Estrutura metálica: 300 vezes	0,37 hh/m <sup>2</sup>
Ulma - Comain	Paredes e cortinas mono e dupla face, pilares, vigas, fundações, obras-de-arte, pré-moldados, barragens	Painéis, chavetas, alinhadores, escoras, tirantes, fixadores, plataformas de serviço e proteção.	Chapa compensada plastificada: 50 a 80 vezes	0,36 hh/m <sup>2</sup>

Tabela 4 (continuação) - Fôrmas mistas de perfil metálico e chapas compensadas utilizadas no mercado.

<b>Tipo de Fôrma</b>	<b>Aplicação</b>	<b>Componentes</b>	<b>Número de reutilizações</b>	<b>Produtividade</b>
Concreform SH	Paredes, paredes altas, pilares	Painéis em chassis de aço galvanizado, perfil especial desenvolvido pela SH, grampos e compensado plastificado de 15mm	Chapa compensada plastificada: 50 a 80 vezes	0,30 hh/m <sup>2</sup>
Topec SH	Lajes, obras residenciais, comerciais, industriais, de saneamento, barragens, canais	Painéis em chassis de alumínio forrados, escora, DropHead, compensado plastificado 10mm	Chapa compensada plastificada: 70 vezes	0,30 hh/m <sup>2</sup>

Fonte: Autores (com base em AZEVEDO, 2008).

#### 7.4 FÔRMAS PLÁSTICAS

O material plástico apresenta grande versatilidade e pode contribuir com as necessidades diversas da construção civil. É um material que vem sendo empregado na fabricação de fôrmas para estrutura de concreto armado, e segundo Morikawa e Darmazo (2003) já existem diversos tipos, como pvc, plástico reforçado com fibra de vidro, poliuretano, polipropileno e plásticos recicláveis.

Como vantagens das fôrmas de plástico pode-se citar a leveza, devido ao baixo peso do material, e o baixo custo, uma vez que é mais barata que as fôrmas metálicas e boa resistência mecânica. Apresenta também facilidade de montagem e manuseio.

Alguns tipos de forma apresentam certa deformabilidade devido à temperatura e cargas atuantes, o que faz necessário certos cuidados na estruturação dos painéis. Fôrmas em caixas plásticas são comuns para execução de lajes nervuradas, como mostrado na figura 11 a seguir.



Figura 11 - Fôrma plástica na execução de laje nervurada.  
Fonte: CARMO, 2007, p.9.

Um exemplo de fôrma em caixas plásticas para laje nervurada é o sistema Protensão Impacto, que possui moldes produzidos com polietileno virgem de alta qualidade, conforme mostrado na figura 12. O sistema gera um processo rápido de execução, melhorando a produtividade na execução das lajes, que tem por vantagem a redução do peso da estrutura e aumento dos vãos. A laje executada com a forma pode ser vista na figura 13.



Figura 12 - Molde de caixa plástica da Protensão Impacto.  
Fonte: FILHO et al., 2012, p.4.



Figura 13 - Vista Inferior de laje nervurada executada com molde da Protensão Impacto.  
Fonte: FILHO et al., 2012, p.4.

Há ainda um tipo de fôrma em plástico desenvolvida para substituir as chapas compensadas em madeira, que é a Plasterit, mostrada na figura 14. “Consiste em uma placa plástica nas dimensões de 61 x 61 cm, onde a parte superior é completamente lisa e sua parte inferior nervurada” (FILHO et al., 2012). Esta forma é ideal para execução de lajes maciças, pois apresenta grande resistência à flexão.

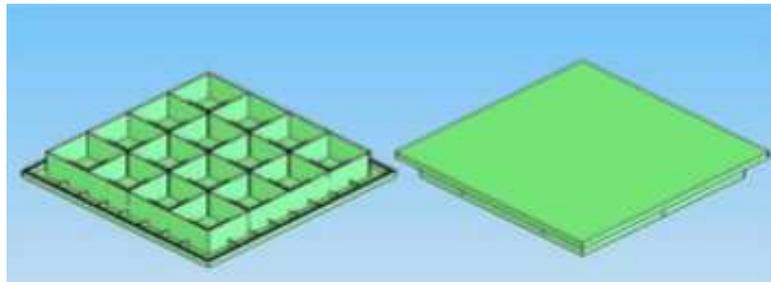


Figura 14 - Placa plástica "Plasterit".  
Fonte: FILHO et al., 2012, p5.

Para execução de lajes em fôrmas plástica, são utilizados escoramentos e cimbramentos metálicos, e esta é outra vantagem do sistema. Como desvantagem, as fôrmas plásticas para lajes nervuradas são indicadas para grandes vãos, com pouca necessidade de recortes. Não é indicada para lajes de alvenaria estrutural. Há ainda o risco de quebra ou perda de componentes, o que geraria um custo adicional à obra. A fôrma plástica é uma boa solução quando se pensa em racionalização construtiva.

## 8. TIPOS DE FÔRMAS PERDIDAS

Desde o final dos anos 1960, o engenheiro Toshio Ueno começou a incorporar o conceito de racionalização ao uso das fôrmas de madeira, essa atividade tem evoluído com a profissionalização e a oferta crescente de materiais e soluções. Não sem motivo, o projeto de fôrmas tem sido bastante valorizado pelas construtoras, que passaram a identificar nesse documento um instrumento capaz de reduzir custos, elevar a produtividade e melhorar o desempenho das construções.

Fôrmas perdidas ocorrem quando há impossibilidade de serem retiradas, desformadas, ficando embutidas nos elementos concretados. Para melhor execução são utilizados materiais com menor peso específico possível, de forma a não agregar maior peso à peça concretada. Os mais utilizados na construção são o papelão e poliestireno expandido, isopor (FREITAS, 2011). Este tipo de fôrma pode ter função não estrutural e estrutural, servindo em alguns casos como armadura.

### 8.1 FÔRMAS PERDIDAS METÁLICAS

As fôrmas perdidas metálicas denominadas *QuickJet* possuem a vantagem de dispensar desforma, pois é incorporada ao concreto, é flexível sendo possível assim possuir diversas fôrmas geométricas. No Brasil a representante exclusiva deste produto é a Openvix, localizada no Espírito Santo.

Esta fôrma é indicada para locais onde a desforma é difícil, ou não pode ser feita, como no caso de sapatas, pilares, lateral de vigas, lateral de lajes, piscinas, tanques, forros (JORGE, 2013). Na figura 15 é possível ver a execução do *QuickJet* em cintas e pilares.



Figura 15 - Uso de *QuickJet* em cintas e pilares.  
Fonte: JORGE, 2013, p.19.

*QuickJet* é a evolução no sistema de fôrmas perdida, substituindo as tradicionais fôrmas de madeira e proporcionando maior velocidade e simplicidade na gestão dos itens envolvidos no processo de montagem. Neste sistema são utilizadas telas galvanizadas como fôrma para o concreto, que podem ser instaladas na vertical ou na horizontal, lado a lado ou sobrepostas (JORGE, 2013).

Diferentemente de uma execução de fôrma comum, no uso do *QuickJet* primeiro é feita a montagem da armadura, e posteriormente da tela metálica, com uso de espaçadores, como mostrado na figura 16, que mostra a montagem do *QuickJet*, o detalhe da tela e uma peça concretada com a fôrma. Para execução produtiva e eficaz deve-se planejar a forma como as telas serão montadas. Segundo Daniel Vivas (TÉCHNE, 2011) para impedir a fuga de nata de cimento durante a concretagem, o slump do concreto deverá ser mais baixo quando do uso deste tipo de fôrma, não sendo possível a utilização de concreto autoadensável, e a vibração do concreto deve ocorrer à 15 cm da borda. Para travamento são utilizadas barras travas com arame recozido.



Figura 16 - Detalhe da tela e montagem do *QuickJet* em fundação.  
Fonte: TÉCHNE, 2011.

Esta metodologia representa ganho significativo no cronograma, tornando a empresa mais competitiva, não gera resíduo eliminando o custo do descarte, entre outras vantagens.

## 8.2 FÔRMAS DE PAPELÃO

A fôrma de papelão não é usual para estruturas de fundação. É aplicada à fôrma de pilares de seção redonda. Têm por vantagem o fato de ser alto estruturado, necessitando apenas que seja posicionado no prumo correto, mas necessita de travamento em madeira. A desvantagem é que não permite reaproveitamento, pois necessita ser destruído para desforma. A figura 17 abaixo mostra um pilar de seção redonda com fôrma de papelão.



Figura 17 - Fôrma de papelão para execução de pilar.

Fonte: Pentapack. Disponível em: <http://www.pentapack.com.br/linha-de-produtos/tubo-forma/>.

As fôrmas de papelão podem ser utilizadas para pilares de formatos diferentes, como quadrados, retangulares e hexagonais, não apenas cilíndricos. É um material considerado reciclável, pois após seu uso podem ser redirecionadas às empresas de reciclagem. Segundo Ana Luiza (LAPA, 2015) nas obras do Retrofit e nas rampas de acesso do estádio Maracanã foram executados pilares cilíndricos em concreto armado moldados com fôrmas de papelão.

As formas de papelão possuem um valor mais caro que as formas de madeira. No entanto, é preciso quantificar os gastos com mão de obra e acabamento que as formas de madeira exigem. Além da questão ambiental, a madeira é um insumo muito agressivo e exige um descarte correto. Já o papelão é feito com papel reciclado e depois de utilizado pode retornar à cadeia [...] (LAPA, 2015).

### 8.3 FÔRMAS EM CHAPAS DE AÇO GALVANIZADO

A chapa de aço galvanizado serve para execução da fôrma, além de atuar com função de armadura e para acabamento da superfície da peça concretada. As nervuras presentes na chapa permitem uma maior aderência ao concreto. Segundo Nuno Freitas (FREITAS, 2011) este tipo de fôrma é comumente utilizado na construção de piscinas, conforme mostrado na figura 18, permitindo uma execução mais fácil e rápida.



Figura 18 - Execução de piscina com fôrma em chapa de aço galvanizado.

Fonte: FREITAS, 2011 apud LANÇA, 2007.

### 8.4 FÔRMAS EM BLOCO DE CONCRETO

Para execução de sapatas ou peças enterradas é usual realizar concretagem sem uso de fôrmas, diretamente na escavação, porém há casos onde não é possível garantir a geometria necessária desta forma. Para estes casos é possível executar fôrma perdida com alvenaria de tijolo, conforme se vê na figura 19. Nestes casos a alvenaria é executada com igual procedimento para execução de paredes. Após a execução da alvenaria é montada a armadura e realizada a concretagem, deixando então a alvenaria solidária ao concreto.



Figura 19 - Fôrma de tijolo para pasta.  
Fonte: FREITAS, 2011, p. 8.

## 9. ESTUDO DE CASO

### 9.1 CASO DA CONSTRUÇÃO DA ROTA DE DUTOS

O objetivo deste projeto era a construção de uma Rota de Dutos para Cabos elétricos em um Complexo Industrial. Compreendendo basicamente a execução de obras civis necessárias à construção da rede elétrica e de dados, composta por envelopes de dutos, caixas de passagem (CP), poços de inspeção (PI) e galerias. Na figura 20 abaixo está representado esquematicamente à área da rota de dutos implantada no complexo industrial, as indicações SC significam Salas de Controle, salas que serão interligadas pela rede de dutos.



Figura 20 - Representação esquemática da rota de dutos.

Fonte: Autores.

A execução deste projeto foi de 670 dias, os marcos contratuais foram definidos conforme trechos de execução previstos em projeto. Para detalhamento dos projetos, especificações e execução, foi levado em consideração o clima, a temperatura local, a umidade relativa do ar, índices pluviométricos, ações do vento, características do relevo, e principalmente as interferências operacionais com as

áreas de produção em operação. Este último foi um dos fatores determinantes para o uso da forma metálica perdida.

Os quantitativos previstos em contrato são os que constam na tabela 5. Inicialmente a fôrma prevista foi fôrma comum de chapa compensada e tábua de pinho de 2ª categoria.

Tabela 5 - Quantidades previstas no projeto da Rota de Dutos.

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>Qtd. Contratada</b>
1	Escavação de cavas ou valas até 4,5m de profundidade	m <sup>3</sup>	33.158,33
2	Escoramento de cavas ou calas	m <sup>2</sup>	25.943,21
3	Regularização de fundo de cavas ou valas	m <sup>2</sup>	10.488,94
4	Reaterro compactado a 98% do Proctor Normal	m <sup>3</sup>	18.953,45
5	Forma plana para estrutura de concreto inclusive escoramento	m <sup>2</sup>	26.133,79
6	Cimbramento metálico para estruturas horizontais	m <sup>3</sup>	4.547,81
7	Armadura em aço CA-50, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	377.892,22
8	Armadura em aço CA-60, fornecimento, corte, dobra e aplicação - qualquer diâmetro	kg	6.116,20
9	Concreto fck => 10,0 Mpa, inclusive preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura	m <sup>3</sup>	459,37
10	Concreto fck => 30,0 Mpa, inclusive preparo, transporte, lançamento, adensamento e cura	m <sup>3</sup>	6.760,23

Fonte: Autores (com base em informações contratuais do projeto).

Segundo informado pelo gestor do projeto, a contratante previa a execução das fôrmas em peças prontas para montagem, com intuito de reduzir ao máximo a montagem das formas "in loco", e a mão-de-obra a ser utilizada nesta atividade. Esta redução de efetivo era uma questão prioritária para a contratante, pois tinha por objetivo reduzir o número de trabalhadores expostos aos riscos da área onde seria implantado o projeto, área industrial, com grau de risco 4 segundo as normas de

segurança. Dever-se-ia reduzir ao máximo o efetivo, deixando apenas o estritamente necessário para execução do escopo nos prazos previstos.

Mesmo havendo a necessidade de se utilizar um método executivo mais rápido e com menor efetivo, a contratada pôs em licitação planilhas de quantidades prevendo o uso de formas convencionais em madeira. Esta foi uma estratégia adotada pela contratante de forma a não onerar o contrato e manter um número maior de propostas. Impor um método construtivo novo na contratação poderia ocasionar o declínio de empresas na participação da concorrência, e isso por sua vez implicaria em maior preço unitário para a execução deste serviço.

### 9.1.1 ETAPAS DE CONSTRUÇÃO DA REDE DE DUTOS

Para execução da fôrma metálica perdida, foi apresentado pela contratada preço unitário para execução da fôrma com este material, bem como metodologia construtiva para a mesma. A construtora optou pela montagem de módulos de envelopes de eletrodutos, como pode ser visto na figura 21, e caixas de inspeção, figura 22, de forma a atender o prazo contratual para execução. Por ser uma construção com caixas e seção de envelopes com poucas variações, os módulos seriam executados no canteiro, e transportados e posicionados nas escavações para concretagem, assim que a escavação do trecho fosse concluída.



Figura 21 - Módulos de Envelopes prontos com *QuickJet*.  
Fonte: Acervo próprio.



Figura 22 - Caixas de inspeção montadas com *QuickJet*.  
Fonte: Acervo próprio.

Para que fosse possível a montagem dos módulos e das caixas, foram feitos pilotos no canteiro da empresa, para garantir que os módulos montados conseguissem ser transportados e posicionados no local da execução sem avarias e deformações da fôrma e armadura. Foram executadas as etapas citadas abaixo de forma a garantir a perfeita execução da obra.

#### 1ª Etapa – Pré-Montagem:

- Execução da armadura: execução de corte e dobra do aço, montagem e amarração conforme projeto. A armadura deve ser montada no interior das formas na posição, espaçamentos e detalhes indicados conforme projetos, de tal maneira que suporte, sem deslocamentos, as operações de lançamento de concreto.
- Fixação dos espaçadores: instalação de distanciadores na armadura conforme projeto, garantindo a distância entre os eixos dos eletrodutos.
- Montagem do *QuickJet*: Fixação das fôrmas na armação da peça utilizando os grampos de armadura conforme previamente definido, garantindo o cobrimento mínimo da armadura indicado no projeto.
- Montagem de tirantes: Caso haja necessidade, executa-se a fixação de tirantes e barras externas para escoramento da peça.

- Montagem de eletrodutos: No caso dos envelopes procede-se a instalação dos eletrodutos, distribuídos conforme projeto e fixados dentro do módulo com uso de armadura complementar confeccionada em aço CA-50 com bitola de 10mm em formato de “U”. Será utilizada uma peça por camada de tubo com espaçamento de 75cm. Os eletrodutos deverão estar perfeitamente alinhados sem curvas que possam atrapalhar a futura passagem de cabeamento.
- Identificação da peça: A peça é identificada com uso de etiqueta, indicando sua especificação e local de montagem;
- Realização de inspeção: Realização de inspeção de qualidade no módulo, conferindo medidas da fôrma, diâmetro da armadura, cobrimento da armadura, entre outros itens previstos no projeto.

Após a inspeção as peças são liberadas para a 2ª Etapa.

2ª Etapa – Assentamento e Concretagem in loco:

- Transporte: Locomoção para frente de serviço e o posicionamento dos módulos no local previsto em projeto, sobre lona plástica ou lastro em concreto magro de 10Mpa.
- Interligação: Deverá ser feita a interligação entre os módulos posicionados, que será feita inicialmente pela armadura de fundo e paredes, respeitando os transpasses previstos em projeto.
- Concretagem: A concretagem deverá ser executada com concreto de acordo com as especificações de projeto. Nesta etapa estão previstas o lançamento do concreto, adensamento e cura.

Tendo em vista que na utilização de fôrma metálica perdida não será executada a desfôrma, após a concretagem a próxima etapa de execução é o reaterro.

3ª Etapa – Reaterro:

- Reaterro com areia adensada: No dia seguinte à concretagem terá início à execução de aterro com areia adensada, o que não causará impactos consideráveis na peça recém concretada, pois a água utilizada no adensamento da areia auxilia no processo de cura. Este reaterro será feito até a cota de topo da peça concretada.

- Reaterro compactado: Após a execução do reaterro com areia adensada, deverá ser aguardado o tempo mínimo de cura da estrutura para a execução de reaterro compactado em camadas, até chegar à cota de projeto.

Na figura 23 é possível ver o posicionamento de envelopes na frente de serviço na escavação. As figuras 24 e 25 mostram a concretagem de envelope montado com *QuickJet*, após posicionamento “in loco” e seu reaterro com areia adensada, respectivamente.



Figura 23 - Posicionamento de envelope montado em escavação.

Fonte: Acervo próprio.



Figura 24 - Conclusão do posicionamento e concretagem de envelopes.

Fonte: Acervo próprio.



Figura 25 - Reaterro de envelope com areia adensada.

Fonte: Acervo próprio.

### 9.1.2 PRAZOS DE EXECUÇÃO E EFETIVO

O prazo de execução do projeto foi de 670 dias, considerando 60 dias corridos para mobilização, 105 dias corridos para montagem de canteiro de obras e 60 dias para desmobilização e realização de “As Built”, caso necessário. A duração total em dias úteis é de 479 dias para a execução da construção da Rota de Dutos. Destes, 387 dias foram destinados à execução de obras civis e eletromecânicas, conforme cronograma apresentado na tabela 6 abaixo. Neste item foram previstos 288 dias à execução de estrutura de concreto, compreendendo a montagem de fôrma, armadura, escoramento, e concretagem das peças.

Tabela 6 - Cronograma Macro do Projeto

Item	Atividade	Duração (dias úteis)	Data de Início	Data de Término
<b>1</b>	<b>IMPLANTAÇÃO DE NOVA ROTA DE DUTOS</b>	<b>479 dias</b>	<b>28/08/2013</b>	<b>29/06/2015</b>
1.1	Mobilização	76 dias	28/08/2013	11/12/2013
1.2	Documentos de planejamento	58 dias	28/08/2013	15/11/2013
1.3	Obras Civas e Eletromecânicas	387 dias	07/11/2013	01/05/2015
1.4	Desmobilização de canteiro de obras e canteiros avançados	41 dias	04/05/2015	29/06/2015
1.5	Conclusão da desmobilização de pessoal e equipamentos	0 dias	29/06/2015	29/06/2015

Fonte: Autores.

O efetivo direto para execução dos serviços de estrutura de concreto está apresentado na tabela 7 e o efetivo indireto na tabela 8.

Tabela 7 - Mão-de-obra direta para execução de estrutura em concreto.

Função	Número de Profissionais
Armador / Polivalente	12
Pedreiro / Polivalente	10
Carpinteiro	7
Auxiliar de obras	32
<b>Total</b>	<b>61</b>

Fonte: Autores.

As informações constantes na tabela 7 são de mão-de-obra direta apenas para a execução de fôrma, armadura, escoramento, e concretagem das peças. O efetivo médio total de MOD do empreendimento foi de 90 funcionários, com pico de 120 funcionários.

Tabela 8 - Mão-de-obra Indireta (MOI)

Função	Número de Profissionais	Função	Número de Profissionais
Laboratorista	1	Enfermeiro do trabalho	2
Gerente de contrato	1	Auxiliar técnico - SESMT	1
Engenheiro de planejamento	1	Encarregado administrativo	2
Técnico de medição	1	Almoxarife	3
Técnico de qualidade	1	Auxiliar administrativo / almoxarifado	2
Desenhista	1	Assistente administrativo	5
Engenheiro de produção	1	Apontador	2
Encarregado geral	1	Motorista Van/ ônibus	1
Engenheiro de segurança do trabalho	1	Vigia	3
Médico do trabalho	1	Auxiliar de serviços gerais	3
Técnico de segurança do trabalho	4	Topógrafo / Nivelador	1
Técnico de meio ambiente	1	Auxiliar de topografia	1
Enfermeiro do trabalho	1	Motorista Comboio	1
Auxiliar técnico - SESMT	1	Lubrificador	1
<b>MOI TOTAL: 45</b>			

Fonte: Autores.

A figura 26 apresenta o gráfico de MOI e MOD Previsto e realizado no empreendimento nas semanas.

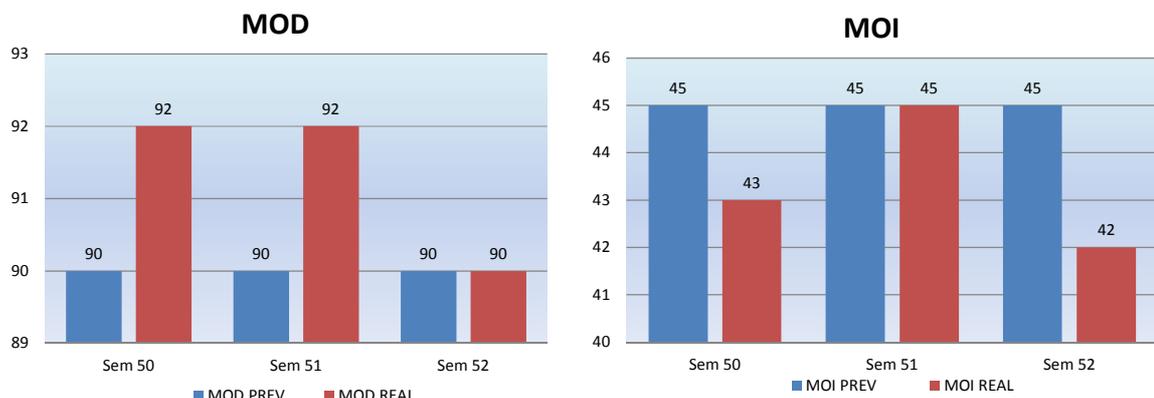


Figura 26 - Gráfico de MOD e MOI Rede de Dutos, semanas 50 a 52.

Fonte: Autores (com base em relatórios do empreendimento).

Inicialmente a execução das fôrmas de envelopes e caixas de passagem seria executada com fôrmas em painéis de madeira, considerando as etapas de fabricação, armazenagem, montagem e desforma. Caso este método fosse empregado, o efetivo de carpinteiro e ajudantes, mão-de-obra utilizada para execução de fôrma, seria maior que o apresentado na tabela 7.

### 9.1.3 CUSTOS DO PROJETO

O custo da fôrma metálica perdida é superior ao da fôrma em madeira, conforme apresentado nas tabelas 9 e 10, porém a sua produtividade é superior. Adotando-se o método de fôrma metálica perdida o efetivo para a atividade foi reduzido e o prazo foi cumprido conforme planejado.

Os índices apresentados nas tabelas abaixo foram obtidos através de estudo da empresa, com base em suas obras já executadas, sendo o do *QuickJet* estimado, por não haver uma referência com base em obra já executada pela empresa. Os preços apresentados estão atualizados, considerando como base o IOPES, e sua publicação de agosto/2015.

Tabela 9 - Composição de preço - Fôrma em madeira.

<b>Serviço:</b> Forma plana com maderite resinado para estrutura elevada, inclusive escoramento de estruturas verticais					<b>Unidade:</b> m <sup>2</sup>	
<b>Equipamento</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Utilização</b>	<b>Custo Operacional</b>	<b>Custo horário</b>		
		<b>Prod.</b>	<b>Prod.</b>			
Ferramentas Manuais	5	1,0	R\$ 35,00	R\$	1,75	
Serra Circular	0	1,0	R\$ 438,80	R\$	1,10	
Total (A) =				<b>R\$</b>	<b>2,85</b>	
<b>Mão de Obra</b>	<b>Unid</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Salário Base</b>	<b>Custo horário</b>		
Ajudante	hh	1,35	R\$ 4,67	R\$	6,30	
Encarregado	hh	0,27	R\$ 14,30	R\$	3,86	
Carpinteiro	hh	1,35	R\$ 5,54	R\$	7,48	
Total (B) =				<b>R\$</b>	<b>17,64</b>	
<b>Materiais</b>	<b>Unid</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo Unitário</b>	<b>Custo Total</b>		
Pregos	kg	0,25	R\$ 6,50	R\$	1,63	
Pontaletes de madeira 8 x 8cm	m	2	R\$ 4,20	R\$	8,40	

Tabela 9 (continuação) - Composição de preço - Fôrma em madeira.

<b>Serviço:</b> Forma plana com madeirite resinado para estrutura elevada, inclusive escoramento de estruturas verticais					<b>Unidade:</b> m <sup>2</sup>	
<b>Materiais</b>	<b>Unid</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo Unitário</b>		<b>Custo Total</b>	
Tábua de pinho de 2ª - 2,5cm x 30cm	m	1,6	R\$	8,99	R\$	14,38
Sarrafo 10,0 cm x 2,5 cm	m	1,53	R\$	5,10	R\$	7,80
Chapa compensado resinado e=12mm	m <sup>2</sup>	0,43	R\$	16,29	R\$	7,00
Desmoldante para formas, inclusive transporte	L	0,4	R\$	8,45	R\$	3,38
Total (C) =					<b>R\$</b>	<b>42,60</b>
<b>Custo Unitário Direto Total (C) = A + B + C =</b>					<b>R\$</b>	<b>63,09</b>

Fonte: Autores (com base em preços publicados pelo IOPES. Disponível em: <http://200.137.65.196/consultatabcusto/CConsultaTabCusto.gst>).

Tabela 10 - Composição de preço de fôrma metálica perdida QuickJet.

<b>Serviço:</b> Forma metálica perdida Quickjet					<b>Unidade:</b> m <sup>2</sup>	
<b>Equipamento</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Utilização Prod.</b>	<b>Custo Operacional Prod.</b>		<b>Custo horário</b>	
Ferramentas Manuais	7	1,0	R\$	35,00	R\$	2,45
Total (A) =					<b>R\$</b>	<b>2,45</b>
<b>Mão de Obra</b>	<b>Unid</b>	<b>Qtd.</b>	<b>Salário Base</b>		<b>Custo horário</b>	
Ajudante	hh	0,1717	R\$	4,67	R\$	0,80
Encarregado	hh	0,06	R\$	14,30	R\$	0,86
Carpinteiro	hh	1,9142	R\$	5,54	R\$	10,60
Total (B) =					<b>R\$</b>	<b>12,26</b>
<b>Materiais</b>	<b>Unid</b>	<b>Consumo</b>	<b>Custo Unitário</b>		<b>Custo Total</b>	
Forma metálica quickjet inclusive frete	m <sup>2</sup>	1,1	R\$	68,00	R\$	74,80
Aço CA-50 20 mm	kg	2	R\$	3,15	R\$	6,30
Total (C) =					<b>R\$</b>	<b>81,10</b>
<b>Custo Unitário Direto Total (C) = A + B + C =</b>					<b>R\$</b>	<b>95,81</b>

Fonte: Autores (com base em preços publicados pelo IOPES e cotação com fornecedor de QuickJet).

Nos custos apresentados nas tabelas 9 e 10 não foram consideradas bonificações e demais custos necessários à execução de serviços em área industrial. O custo é orientativo para demonstrar a divergência entre as metodologias de execução das fôrmas. O valor apresentado pela empresa executante dos serviços levou em consideração outros fatores, bonificação e outros custos, que tornaram os preços executados superiores aos apresentados neste projeto de pesquisa.

Pode-se observar que o custo do *QuickJet* é superior ao da fôrma de madeira em torno de 52%, porém sua produtividade é superior. Conforme índices apresentados, a forma de madeira necessita de 2,97hh, enquanto a *QuickJet* 2,14hh. Uma economia, a princípio de 38% na mão-de-obra. Porém conforme será exposto no item 10, a produtividade alcançada com o uso do *QuickJet* foi maior que o índice apresentado na composição de preços. O índice da composição foi estimado para orçamento, tendo em vista que a empresa não possuía índices de obras já executadas com este material, o que será apresentando na Análise Crítica, item 10 deste projeto.

## 9.2 CASO DA CONSTRUÇÃO DE FUNDAÇÕES DA CENTRAL DE ATENDIMENTO AO CIDADÃO

Na pesquisa por empreendimentos que utilizaram da fôrma metálica perdida no Estado foi identificada a execução de sapatas para fundação na construção da Central de Atendimento ao Cidadão, Faça Fácil, construída na cidade de Serra – ES. A figura 27 apresenta as sapatas montadas com *QuickJet* no canteiro antes de ser posicionada na escavação.



Figura 27 - Montagem de fôrma metálica perdida em sapata.  
Fonte: Acervo próprio.

Neste empreendimento foi adotado o uso de fôrma metálica perdida de forma a otimizar o prazo de execução da fundação. Como não há necessidade de desforma e a montagem da armadura e das formas pode ser feita em paralelo a execução da escavação, o prazo de execução é otimizado, como pode ser visto nas figuras 28 e 29, que mostram o cronograma de atividades com forma em madeira e com uso de *QuickJet*, respectivamente.

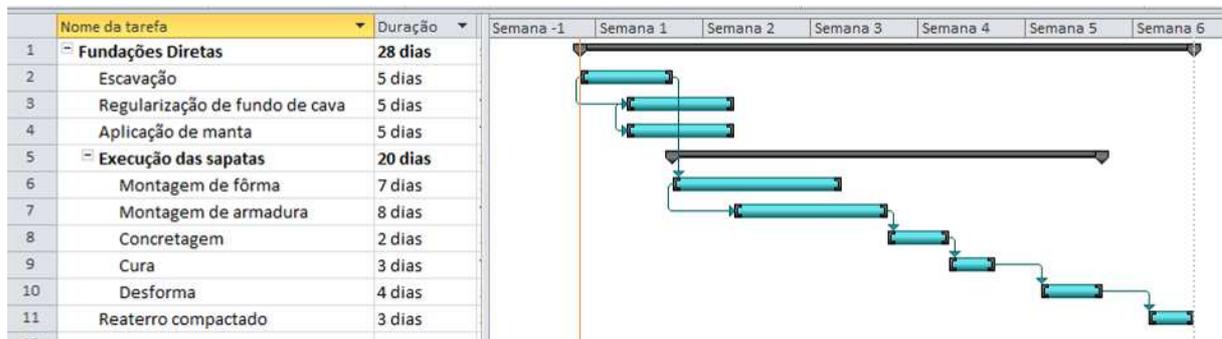


Figura 28 - Cronograma com execução de fôrma de madeira.  
Fonte: Autores.

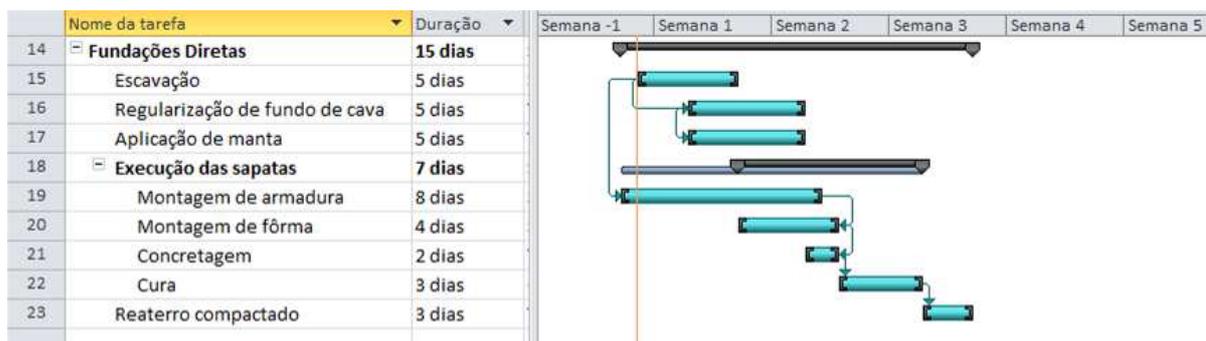


Figura 29 - Cronograma com execução de fôrma *QuickJet*.  
Fonte: Autores.

Apesar de o custo ser mais elevado, a empresa considerou que o atraso na execução da fundação, pelo fato de o local apresentar interferências e impedir a execução de desforma na fundação, poderia impactar os serviços seguintes, resultando em atraso nas demais atividades, podendo acarretar no não cumprimento de marcos contratuais, e na pior das situações, a aplicação de multa pela contratante. Estes riscos se apresentariam muito mais prejudiciais à empresa que o custo maior das fôrmas. A utilização de fôrma metálica perdida na fundação gerou um avanço de 13 dias no cronograma.

Nas figuras 30 e 31 mostram as sapatas da fundação da obra concretadas. Na figura 31 é possível verificar o reaterro sendo executado com areia adensada e o detalhe do acabamento das sapatas com a tela metálica.



Figura 30 - Sapatas do Faça Fácil concretadas in loco.  
Fonte: Acervo próprio.



Figura 31 - Detalhe e reaterro da sapata do Faça Fácil.  
Fonte: Acervo próprio.

## 10. ANÁLISE CRÍTICA

Nos casos apresentados o uso de fôrma metálica perdida foi adotado pelas construtoras como método construtivo capaz de otimizar os prazos de execução da montagem de fôrmas, que absorve boa parte do tempo na execução de estruturas de concreto armado. Foi possível comprovar que esta fôrma é mais cara que a fôrma de madeira, mais usualmente empregada, porém mesmo assim, pode ainda apresentar mais vantagem.

No caso da construção da Rede de Dutos, onde foram feitos levantamento de custos, o valor da fôrma metálica se apresentou 51,87% mais cara que em painéis de madeira, mas a produtividade de sua utilização pôde ser calculada, e suas vantagens apresentadas a seguir.

Conforme apresentado na tabela 5, foram executados 26.133,79 m<sup>2</sup> de fôrma metálica na obra. Esta execução se deu em um prazo de 288 dias. Desta forma a produtividade pôde ser calculada, considerando-se uma jornada de trabalho de 8 horas diárias e o efetivo de 7 carpinteiros, 3 armadores e 9 ajudantes. A tabela 11 apresenta o cálculo da produtividade com uso de *QuickJet*.

Tabela 11 - Produtividade com uso de *QuickJet*.

<b>Cálculo de Produtividade com uso de Quickjet</b>	
Quantidade de fôrma executada m <sup>2</sup> (x)	26.133,79
Armador	3,00
Ajudante	9,00
Carpinteiro	7,00
Efetivo total (a)	19,00
Horas Trabalhadas por dia (b)	8,00
Dias trabalhados (c)	288,00
Total de Horas Trabalhadas (d = a . b . c)	43.776,00
<b>Produtividade (hh) (d/x)</b>	<b>1,67507277</b>

Fonte: Autores

Observando que a produtividade da fôrma metálica é superior à da fôrma em painéis de madeira, pode ser analisado o tempo necessário para a execução de fôrmas em madeira, com o mesmo efetivo, para execução da mesma quantidade de fôrma. Esta avaliação se encontra na tabela 12.

Tabela 12 - Prazo para execução de fôrmas com painéis de madeira.

<b>Cálculo de Dias trabalhos com uso de fôrma de madeira</b>	
Quantidade de fôrma executada m <sup>2</sup> (x)	26.133,79
Armador	3,00
Ajudante	9,00
Carpinteiro	7,00
Efetivo total (a)	19,00
Horas Trabalhadas por dia (b)	8,00
Produtividade (hh) (c)	2,7
Total de Horas Trabalhadas (d = c . x)	70.561,23
<b>Dias trabalhados (d/b/a)</b>	<b>464</b>

Fonte: Autores.

Para execução do mesmo quantitativo de fôrma seriam necessários 176 dias a mais para execução, o que ocasionaria um atraso na obra, e não cumprimento dos prazos acordados com o contratante. Para que o prazo fosse atendido, deveriam ser contratados mais 12 profissionais para execução da atividade, conforme cálculo mostrado na tabela 13. Este incremento de efetivo não atenderia a premissa do contratante quanto a redução do efetivo para execução das estruturas de concreto.

Tabela 13 - Efetivo para execução de fôrma em painéis de madeira.

<b>Efetivo com uso de fôrma de madeira</b>	
Quantidade de fôrma executada m <sup>2</sup> (x)	26.133,79
Dias trabalhados (a)	288
Horas Trabalhadas por dia (b)	8,00
Produtividade (hh) (c)	2,7
Total de Horas Trabalhadas (d = c . x)	70.561,23
<b>Efetivo total (d/b/a)</b>	<b>31</b>

Fonte: Autores.

Quanto aos custos do material, devem ser analisados os seguintes pontos: custo da fôrma com madeira, custo da fôrma metálica perdida, custos de mão-de-obra indireta e direta referente ao prazo de execução mais longo. A análise dos custos dos materiais é apresentada na tabela 14, e os custos com MOI e MOD para execução da fôrma de madeira no prazo maior em 176 dias, são apresentados na tabela 15. O custo mensal aproximado com MOD apresentado na tabela 15 foi obtido através de documentos da contratada considerando o efetivo de 45 pessoas, conforme apresentado na tabela 8.

Tabela 14 - Custos Gerais de execução das fôrmas.

<b>Comparativo de Custos</b>		
Custos com uso de Quickjet		
Quantidade de fôrma executada m <sup>2</sup> (x)		26.133,79
Preço Unitário do Quickjet (y)	R\$	95,81
	Custo total (x. y)	R\$ 2.503.878,42
Custos com uso de fôrma de madeira		
Quantidade de fôrma executada m <sup>2</sup> (x)		26.133,79
Preço Unitário da fôrma (y)	R\$	63,09
	Custo total (x . Y)	R\$ 1.648.780,81
	<b>Diferença de valor</b>	<b>R\$ 855.097,61</b>

Fonte: Autores

Tabela 15 - Custo de Mão-de-obra em 176 dias.

<b>Custo Total Mensal (MOI + Efetivo para Execução de fôrma)</b>		
Custo mensal aproximado com MOD	R\$	100.000,00
<b>Custo mensal aproximado com MOD - com encargos sociais (134,87 %)</b>	<b>R\$</b>	<b>134.870,00</b>
<b>Custo com MOI mensal</b>	<b>R\$</b>	<b>17.537,40</b>
Armador (3 x R\$ 5,54 x 180h)		2.991,60
Ajudante (9 x R\$ 4,67 x 180h)		7.565,40
Carpinteiro (7 x R\$ 5,54 x 180h)		6.980,40

Tabela 15 (continuação) - Custo de Mão-de-obra em 176 dias.

<b>Custo Total Mensal (MOI + Efetivo para Execução de fôrma)</b>	
<b>Custo Total Mensal (MOI + MOD)</b>	<b>R\$ 152.407,40</b>
Qtd Meses (176 dias / 30 dias)	5,866666667
<b>Custo Total</b>	<b>R\$ 894.123,41</b>

Fonte: Autores

Como podem ser verificados, os custos com uso de fôrma em painéis de madeira se assemelharia ao custo do *QuickJet*, uma vez que para sua realização, seriam necessários 176 dias a mais na execução, o que traria um custo de mão-de-obra em aproximadamente R\$ 900.000,00 (novecentos mil reais), muito semelhante a diferença de preço dos dois materiais. Tendo em vista o atendimento ao prazo contratual, a utilização do *QuickJet* para a obra da Rede de dutos se apresentou muito mais produtiva, eficiente e econômica.

Na obra do Centro de Atendimento, foi comprovado o ganho produtivo em 13 dias na execução de uma parte da fundação, conforme apresentado nas figuras 28 e 29. A figura 32 abaixo apresenta a relação de custo e produtividade das fôrmas.

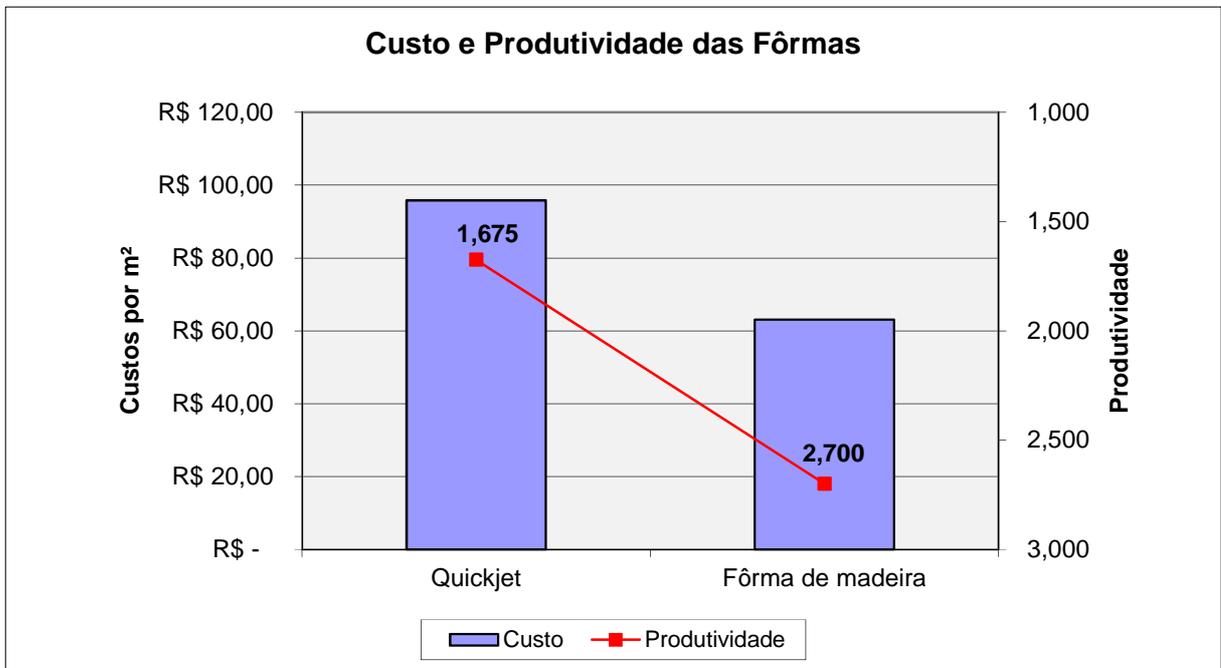


Figura 32 - Gráfico de Custo e Produtividade das fôrmas.

Fonte: Autores

## 11. CONCLUSÃO

O uso de fôrmas metálicas perdida para execução de estruturas em concreto armado é uma metodologia nova no mercado da construção. É recomendada para uso quando da impossibilidade da execução de desfôrma, ou da necessidade de maior produtividade na execução de fôrmas. Devido ao seu acabamento, mostrado na figura 31, este tipo de fôrma deve ser empregado em peças que ficarão enterradas, como no caso de fundações, pois para estrutura aparente deve ser feito acabamento com argamassa, o que para esses casos, seria mais recomendável um tipo de fôrma que já permita terminar a peça acabada. Outra grande vantagem do *QuickJet* é a redução do volume de material para descarte na obra, pois como não são realizadas desfôrmas, não há necessidade da guarda e descarte de peças usadas, como acontece com as fôrmas de madeira. Uma desvantagem deste sistema quanto ao custo, é que o produto é comercializado no Brasil por apenas uma empresa, o que não permite uma concorrência no mercado para seu fornecimento.

Nos casos apresentados a fôrma metálica perdida comprovou que seu uso é mais produtivo, otimizando o prazo de execução das estruturas, mas devido seu preço mais elevado, é viável para execução de serviços onde são requeridos maior volume de fôrmas, pois seu prazo de execução será consideravelmente menor o que compensaria o seu custo.

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. A melhor solução será aquela que trará qualidade ao projeto, atendendo ao prazo de execução, dentro do orçamento previsto para o mesmo.

## 12. REFERÊNCIAS

### 12.1 BIBLIOGRAFIA CITADA

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

\_\_\_\_\_. Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. **NBR 8800:2008**.

\_\_\_\_\_. Projeto de estruturas de madeira. **NBR 7190:1997**.

\_\_\_\_\_. Execução de Estrutura de Concreto - Procedimento. **NBR 14931:2004**.

AZEVEDO, Gilmar Aparecido Teles. **Avaliação técnica para definição de fôrmas na construção civil**. 2008. 64f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo-SP.

BARROS, Mercia Maria S. Bottura de; ARAÚJO, Viviane Miranda. **Gestão e tecnologia na produção de edifícios**. 1ª. Ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Versão ampliada e atualizada em 2006. Texto original de: CARDOSO, Francisco Ferreira (Org.); BARROS, M. M. S. B. (Org.). Gestão e tecnologia na produção de edifícios. 1. ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1997. v. 1. 160 p.

BAUER, L A Falcão. **Materiais de construção**. 5ª edição. Rio de Janeiro: RJ.LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1994. 935p.

BRASIL, 2002, Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial de União, Brasil, DF. 17 de julho de 2001**.

CARMO, Eduardo João Zanotto do. **Fôrmas e Escoramentos**. 2007. 61 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, Itatiba-SP. 2007. Disponível em: <<http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1057.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2015.

COSTA, Carlyne Pomi Diniz. **Fôrmas para construção civil e suas aplicações**. 2014. 98f. Manuscrito, Escola de Engenharia UFMG, Belo Horizonte.

FAGUNDES, Hilton A. V. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia na modalidade Acadêmico) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre-RS. 2003.

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. 2005. Disponível em: <<http://engenharia.anhembi.br/tcc-05/civil-25.pdf>>. Acesso em: 14 set. 2015.

FILHO, Valter de Oliveira Bastos; BARRETO, Ligyane de Abreu; FILHO, Carlos Alberto Ibiapina e Silva; DIOGENES, Aldecira Gadelha; NOGUEIRA, Joaquim Antônio Caracas. CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 54<sup>o</sup>, 2012, Maceió - AL. Anais do 54<sup>o</sup> Congresso Brasileiro do Concreto: **Sistema de Formas para Estruturas de Concreto**. Maceió: Instituto Brasileiro do Concreto. 2012.

FREITAS, Nuno Duarte Barreto de. **Sistema de Cofragens Racionalizadas e Especiais para Edifícios**. Funchal, Portugal. 2011. Dissertação em Mestrado de Engenharia Civil da Universidade da Madeira (UMA). Disponível em: <<https://digituma.uma.pt/bitstream/10400.13/392/1/MestradoNunoFreitas.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2015.

GOODE, W. J.; HATT, P. K. **Métodos em Pesquisa Social**. 3<sup>a</sup> Edição. São Paulo: Cia Editora Nacional, 1969.

GUSMÃO, A.D. **Manual de Gestão dos Resíduos da Construção Civil**. Recife/PE. Gráfica Editora, 2008.

HOLLERSCHMID, Milton. **Utilização de fôrmas na construção de edifícios**. 2003, 49f. TCC, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

HURD, M. K. **Formwork for Concrete**. 5th ed. Detroit: American Concrete Institute, 1989. 77f. Citado no TCC de FLECK (2014), Universidade Federal do Rio grande do Sul.

JORGE, Felipe Mignone Quinteiros. **Práticas construtivas capazes de reduzir o tempo de execução de obra**. 2013. 112f. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro-RJ. 2013.

JUNG, Carlos Fernando. Metodologia Científica: **Ênfase em Pesquisa Tecnológica**. 3<sup>a</sup> Edição. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2003. Disponível em: <[http://www.unisc.br/portal/upload/com\\_arquivo/metodologia\\_cientifica....pdf](http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/metodologia_cientifica....pdf)>. Acesso em: 28 ago. 2015.

LAPA, Ana Luiza. **Forma para concretagem ganham um aliado: o papelão**. Rio Grande do Sul, Massa Cinzenta by Cimento ITAMBÉ, 29 jan. 2015. Entrevista a Altair Santos. Disponível em: <<http://www.cimentoitambe.com.br/formas-para-concretagem-papelao/>>. Acesso em: 05 out. 2015.

LOTURCO, Bruno. Madeira ou Metal?. **Revista Técnica**, Ed. 100, jul. 2005. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/100/artigo284998-1.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2015.

MARANHÃO, George Magalhães. **Fôrmas para concreto: subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97**. 2000. 226f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP. 2000.

MORIKAWA, Mauro Satoshi; DERMAZO, Mauro Augusto. **Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado**. Artigo extraído da dissertação de mestrado. Sinergia, São Paulo. Volume 4. n. 2. P.104-108. Jul./dez. 2003. Disponível em:

<[http://www.cefetsp.br/edu/prp/sinergia/complemento/sinergia\\_2003\\_n2/pdf\\_s/segmentos/artigo\\_03\\_v4\\_n2.pdf](http://www.cefetsp.br/edu/prp/sinergia/complemento/sinergia_2003_n2/pdf_s/segmentos/artigo_03_v4_n2.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2015.

NAKAMURA, Juliana. Escolha de fôrmas para paredes de concreto deve considerar critérios técnicos e econômicos. **Revista Técnica**, Ed. 202, jan. 2014. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/202/artigo304347-2.aspx>>. Acesso em: 28 set. 2015.

NAZAR, Nilton. **Fôrmas e escoramentos para Edifício: critérios para dimensionamento e escolha do sistema 1**. Ed. São Paulo: Pini, 2007.

OPENVIX distribuidora. [s.d.]. Disponível em <<http://www.openvix.com.br/#/quickjet>> Acesso em: 15 mai. 2015.

Project Management Institute, Inc - PMI. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (**Guia PMBOK**). 4 Ed. Atlanta: PMI, 2008.

STAMATO, Gluilherme Corrêa. **Resistência ao embutimento da madeira compensada**. 1998. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP. 1998.

TÉCHNE – **Fôrma perdida “Quick jet”** – Daniel Vivas e Gennaro Troia Jr. – São Paulo: Editora PINI, nº 177. Dezembro, 2011. Disponível em:

<<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/177/artigo287895-1.aspx>>. Acesso em: 30 set. 2015

## 12.2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSAHI, P. Carreira: Projetista de Fôrmas. **Revista Técnica**, Ed. 149, ago. 2009. Disponível em <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/149/carreira-projetista-de-formas-285771-1.aspx>>. Entrevista concedida a Juliana Nakamura pelo diretor da Assahi Engenharia.

Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC). **A produtividade da construção civil brasileira**. Brasília, p.1-34 [s.d.]. Disponível em:<<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/068.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

LANÇA, Pedro. **Processos de Construção - Cofragens**. Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja, Portugal, 2007.