

ADRIANO COSTA GONÇALVES

DIRETRIZES PARA PROJETOS E CONTROLE DE EXECUÇÃO DOS SISTEMAS DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS



Adriano Costa Gonçalves

**DIRETRIZES PARA PROJETOS E
CONTROLE DE EXECUÇÃO DOS
SISTEMAS DE FÔRMAS E
ESCORAMENTOS**



**Fortaleza-CE
2019**

© Copyright 2019 - Todos os direitos reservados.

FICHA TÉCNICA:

Editor-chefe: Vanques de Melo

Diagramação: Vanques Emanuel

Capa: Vanderson Xavier

Produção Editorial: Editora DINCE

Revisão: Do Autor

CONSELHO EDITORIAL:

Dr. Felipe Lima Gomes (Mestre e doutor pela UFC)
Prof. e Ma. Karine Moreira Gomes Sales (Mestra pela UECE)
Francisco Odécio Sales (Mestre pela UECE)
Ma. Roberta Araújo Formighieri
Dr. Francisco Dirceu Barro
Prof. Raimundo Carneiro Leite
Eduardo Porto Soares
Alice Maria Pinto Soares
Prof. Valdeci Cunha

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)

GONÇALVES, Adriano Costa

DIRETRIZES PARA PROJETOS E CONTROLE DE EXECUÇÃO DOS
SISTEMAS DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS

Editora DINCE 2019. 89 p. Impresso

ISBN: 978-85-7872-677-5

DOI: [10.56089/978-85-7872-677-5](https://doi.org/10.56089/978-85-7872-677-5)

Consulta registro DOI: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/consultar-doi>

1. Direito Processual Penal. 2. Audiência de Custódia 3. Direitos Humanos

Todos os direitos reservados. Nenhum excerto desta obra pode ser reproduzido ou transmitido, por quaisquer formas ou meios, ou arquivado em sistema ou banco de dados, sem a autorização de idealizadores; permitida a citação

NOTA DA EDITORA

As informações e opiniões apresentadas nesta obra são de **AUTORIA EXCLUSIVA DO AUTOR** e de sua inteira responsabilidade.

A DIN.CE se responsabiliza apenas pelos vícios do produto no que se refere à sua edição, considerando a impressão e apresentação. Vícios de atualização, opiniões, revisão, citações, referências ou textos compilados são de responsabilidade de seu(s) idealizador (es).

Impresso no Brasil

Impressão gráfica: DIN.CE

CENTRAL DE ATENDIMENTO:

Tel.: (85) 3231.6298 / 9.8632.4802 (WhatsApp)

Av. 2, 644, Itaperi / Parque Dois Irmãos – Fortaleza/CE

www.dince2editora.com

A Deus.

A meus pais,

Flávio Henrique Garcia Gonçalves (*in memoriam*) e

Inez Helena Costa Gonçalves (*in memoriam*).

A todos os meus professores da Unifor, que
contribuíram com minha formação.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe Inez Helena (*in memoriam*) e a meu pai Flávio Henrique (*in memoriam*), responsáveis pela pessoa que sou e sempre me incentivaram e aconselharam por toda a minha vida, da forma mais honesta e responsável possível. Exemplos únicos de pessoas maravilhosas e que tive a honra de ter sido criado, amado e educado.

A minha esposa, Ana Karoline, por ter me incentivado e ajudado na ideia da edição deste livro.

Ao Prof. M.Sc. Ivo Almino Gondim, pela orientação para a publicação deste livro, pelos ensinamentos e pela paciência durante todo ano durante a edição.

A toda minha família e aos amigos, pela parceria e amizade, em especial: Alexandre Ricarte, Roberta Oliveira, Thompson Teixeira, Erich Ribeiro e Roberto Luciano.

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”.

(John F. Kennedy)

APRESENTAÇÃO

Esta publicação se destina à execução de qualquer estrutura em concreto armado, que se faça necessário utilizar um sistema de sustentação, composto de fôrmas e escoras, de modo que as fôrmas garantam a geometria das peças e o escoramento suporte a estrutura, até que esta atinja resistência suficiente para se sustentar. Atualmente, os construtores buscam desenvolver novas tecnologias construtivas, as quais devem propiciar a redução dos prazos, dos custos e da mão-de-obra.

Os sistemas de fôrmas e cimbramento influenciam diretamente na qualidade final da estrutura da edificação, representam uma parcela significativa do orçamento de uma obra e, como são inúmeras as exigências normativas, é bastante complexa a elaboração dos projetos destes sistemas. Neste contexto, este trabalho sugere orientações para a contratação e fiscalização da execução de projetos dos sistemas de fôrmas e escoramentos, de forma que a sua execução seja realizada de forma simples, com qualidade e atenda aos requisitos exigidos em normas.

Para atingir estes objetivos, o trabalho foi inicialmente realizado através de um estudo bibliográfico, apresentando os principais materiais utilizados e suas características. Em seguida, foi apresentada uma construção de um edifício residencial, localizado na cidade de Fortaleza/CE, analisando os projetos de fôrmas e cimbramento, assim como observando sua execução, dentro dos requisitos normativos.

Por fim, foram apresentados os resultados e conclusões, assim como uma lista de informações e orientações para quando da contratação e execução destes sistemas.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	13
CAPÍTULO 1	15
1.1 Contextualização	15
CAPÍTULO 2	17
2.1 Sistema de Fôrmas e Cimbramento.....	17
2.1 Conceituação	17
2.2 Fôrmas	22
2.2.1 Materiais Utilizados.....	23
2.2.1.1 Fôrmas de Madeira Compensada	23
2.2.1.2 Fôrmas Metálicas.....	25
2.2.1.3 Fôrmas Plásticas	27
2.3 Escoramento, Cimbramento e Reescoramento.....	29
2.3.1 Materiais Utilizados.....	30
2.3.1.1 Escoramento de Madeira Bruta	31
2.3.1.2 Escoramento Metálico	32
2.4 Projeto	33
2.4.1 Projeto de fôrmas.....	34
2.4.2 Projeto de escoramentos	35
2.5 Execução	36

2.5.1 Execução das fôrmas	37
2.5.2 Execução dos escoramentos	39
2.5.3 Cuidados na montagem de fôrmas e escoramentos	40
2.6 Retirada de fôrmas e escoramentos	40
2.7 Síntese do sistema de fôrmas e cimbramento.....	41
3. ANÁLISE DA EXECUÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL INOVADOR EM FORTALEZA	43
3.1 Características do Empreendimento	43
3.2 Comparação entre Projetos Estruturais e Normativas em Empreendimento de Fortaleza/CE.....	45
3.2.1 Aspectos Relativos aos Projetos Estrutural e de Fôrmas...	45
3.2.2 Aspectos Relativos ao Projeto de Cimbramento.....	55
3.2.3 Aspectos Relativos ao Projeto de Reescoramento	62
3.2.4 Aspectos Relativos à Execução	62
3.3 Considerações sobre o caso	70
3.4 Sugestões e Orientações	70
CONCLUSÕES.....	75
REFERÊNCIAS.....	77
ANEXO A – PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DE SERVIÇO (PES 004 REV01).....	85
ANEXO B – FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO (FVS FORM. 023).....	89

INTRODUÇÃO

O sistema estrutural de uma edificação garante à mesma estabilidade e sustentação, resistindo aos esforços atuantes, como vento, peso próprio, cargas de ocupação etc., sem exceder os Estados Limites Últimos e de Serviço. Os elementos constituintes deste sistema são as fundações, pilares, vigas e lajes, os quais são responsáveis por transmitir todos os esforços para o solo, com segurança e sem exceder a sua capacidade de suporte.

Existem três materiais básicos para execução de sistemas estruturais: madeira, aço e concreto. Este último tipo é o mais difundido no Brasil, podendo ser de concreto armado, protendido ou uma mistura dos dois.

O concreto armado surgiu em meados do século XIX, a partir da Revolução Industrial, quando surgiu o cimento Portland e o aço laminado (FUSCO; ONISHI, 2017). Mas, as elevadas tensões da armadura, as quais aumentam a abertura das fissuras do concreto, podem ocasionar a corrosão do aço, sendo este um fator limitante para a aplicação do concreto armado.

Com o surgimento de novos materiais industrializados, alguns cientistas fizeram uso da protensão para oferecer uma maior resistência ao concreto. Segundo Pfeil (1984), a protensão é a introdução de um estado prévio de tensões em uma estrutura e, aplicada ao concreto, introduz esforços capazes de reduzir ou até anular as tensões de tração, eliminando assim o surgimento de fissuras. A resistência utilizada para concreto protendido pode ser até três vezes maior que a do concreto armado.

Para a execução das estruturas em concreto armado ou protendido é utilizado um sistema de sustentação, composto de fôrmas e escoras. As fôrmas devem se adaptar às dimensões das peças projetadas, moldar o concreto, garantir estanqueidade e textura; já o sistema de escoramento, também chamado de cimbramento, deve suportar a estrutura até que esta atinja resistência suficiente para se sustentar.

O consumo de fôrmas e escoras é elevado, assim como o tempo de montagem destes e da concretagem da estrutura. Esses fatores geram custos significativos no orçamento de uma obra. Assahi (2018) afirma que o custo do sistema estrutural de uma edificação é da ordem de 20% de seu custo total, enquanto fôrmas e cimbramentos representam entre 5% e 8%.

Desta forma, os construtores e fabricantes estão sempre buscando uma evolução nos sistemas de fôrmas, através da utilização de novas tecnologias e materiais, com o objetivo de reduzir os custos, através de uma menor utilização de materiais e de uma melhor produtividade, com enfoque na sustentabilidade.

Um exemplo é a utilização de lajes nervuradas, que em comparação com as lajes maciças consomem menos concreto armado e, conseqüentemente, uma quantidade menor de fôrmas e escoras é necessária.

Assim, é aconselhável que os projetos de fôrmas e cimbramento sejam bem detalhados e que possuam informações precisas, possibilitando desta forma uma execução bem feita e reduzindo custos e prazos. Faz-se necessário observar as recomendações das normas ABNT NBR 14931:2004 e NBR 15696:2009, na qual são fixados os procedimentos e condições a serem seguidos quando da execução do sistema de fôrmas para estruturas de concreto moldadas na obra.

CAPÍTULO 1

CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo o balanço anual da CBIC (2018), a indústria da construção encerrou o ano de 2018 com uma queda de 6% em relação a 2017. Desde o início da crise, em 2014, o total de postos de trabalho perdidos ultrapassa o patamar de 1 milhão. Mesmo com alguns sinais de reação da economia do país, os números da construção civil e do mercado imobiliário ainda são alarmantes.

Assim sendo, os construtores buscam medidas inovadoras e melhorias contínuas, com o objetivo de economizar nas etapas construtivas, aliado à segurança e qualidade.

Uma destas etapas é o sistema de sustentação das estruturas de edificações, que representa um custo significativo para as obras, como citado anteriormente. Paralelamente ao custo, este sistema tem uma grande importância na obtenção da geometria das peças de concreto, no acabamento final e, o mais importante, na garantia da estabilidade estrutural.

A importância da obtenção da geometria correta das peças estruturais, como prumo, nível, esquadros, se deve ao fato de que os outros sistemas da edificação dependem diretamente do seu resultado.

Para garantia da estabilidade, deve haver um ótimo dimensionamento e uma rigorosa execução na instalação das fôrmas, pois as cargas atuantes durante a execução de uma estrutura geralmente são maiores que aquelas previstas para a utilização da mesma.

Uma má utilização do sistema de sustentação pode gerar excesso de mobilidade da estrutura, causando patologias nas edificações, como trincas, vazamentos, dentre outros. Além disso, há um descaso neste processo

construtivo, como a não fiscalização por parte do engenheiro na sua execução e a não existência de projeto.

Existem diversos trabalhos referentes aos materiais utilizados nos sistemas de fôrmas (MORIKAWA, 2003), às suas aplicações, vantagens e desvantagens (COSTA, 2014), análise de sistemas de fôrmas e escoramentos (MAGNAGNAGNO, 2014; BARCELOS, 2014).

Desta forma, considerando a importância destes sistemas com relação a custos, cronograma e ao acabamento final da estrutura, quais são as informações que devem existir nos projetos estrutural, de fôrmas e escoramentos para garantir um bom resultado? Como se proceder no controle e execução destes sistemas?

CAPÍTULO 2

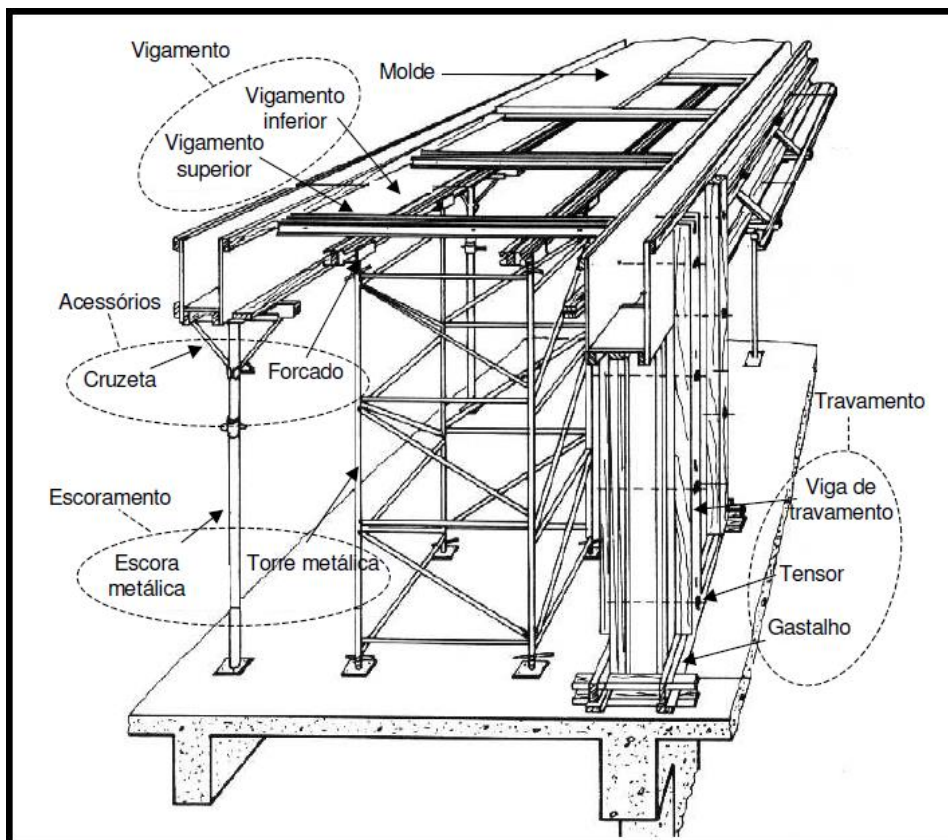
SISTEMA DE FÔRMAS E CIMBRAMENTO

Este capítulo visa definir sistema de fôrmas e seus componentes, listar os tipos de materiais mais utilizados deste sistema, assim como suas vantagens e desvantagens, e fornecer os requisitos necessários para um bom dimensionamento e uma rigorosa execução, baseando-se nas normas existentes.

2.1 Conceituação

Segundo Souza (1997 *apud* Morikawa 2003), o sistema de fôrmas é definido como um conjunto de elementos que moldam e sustentam o concreto enquanto este adquire resistência para se autossustentar. Os seus elementos são: moldes, estruturas dos moldes, cimbramento e acessórios. A **Figura 1** ilustra a visão geral de um sistema de fôrmas.

Figura 1 – Sistema de fôrmas.



Fonte: Cristiani (1985 *apud* Araújo e Freire 2004).

Molde ou fôrma, que pode ser visto na **Figura 2**, é a peça que fica em contato com a estrutura de concreto, que define a sua geometria e textura, enquanto que estrutura do molde é o que garante a não deformidade do molde durante a concretagem, fornecendo-lhe travamento e sustentação.

Figura 2 – Molde (fôrma) de uma laje.



Fonte: Autor (2018).

De acordo com Assahi (2018), cimbramento é o conjunto dos elementos responsáveis por sustentar a estrutura recém concretada, até que seja adquirida resistência suficiente para tornar-se autoportante. Transmite, para algum ponto de suporte, os esforços atuantes na estrutura do molde. A seguir, a **Figura 3** apresenta o cimbramento de uma laje antes de sua concretagem.

Figura 3 – Cimbramento de uma laje.

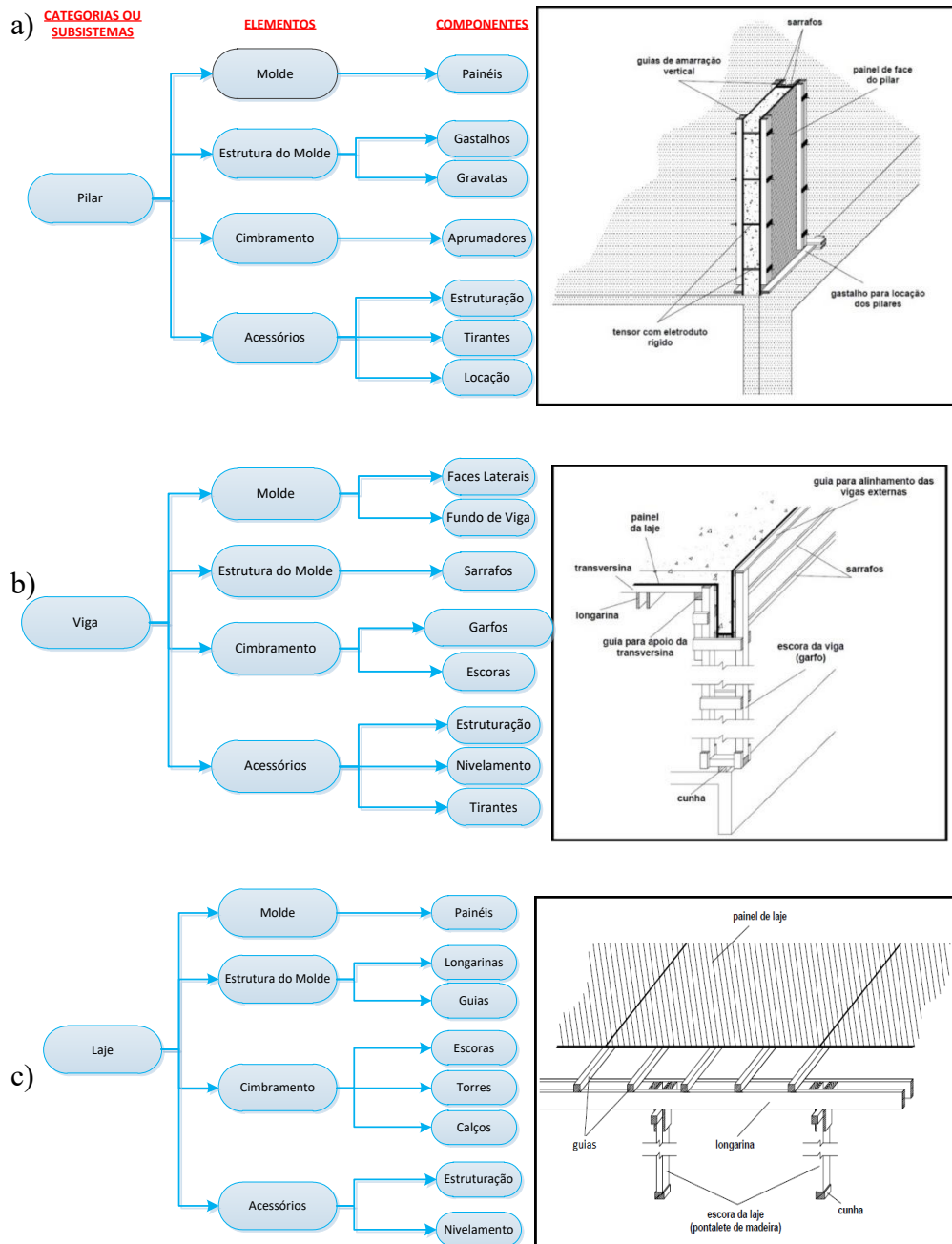


Fonte: Autor (2018).

Os acessórios são os demais elementos utilizados para nivelar, travar e auxiliar na montagem do sistema de fôrmas.

Segundo Fajersztajn (1987 *apud* Neiva Neto 2014), o sistema de fôrmas, como é ilustrado na **Figura 4**, pode ser dividido em três categorias ou subsistemas: lajes, vigas e pilares. Esta divisão é feita conforme a função estrutural de cada peça. Cada categoria possui seus elementos, que já foram descritos anteriormente e cada elemento possui seus componentes, que podem variar dependendo do sistema adotado.

Figura 4 – Divisão do sistema de fôrmas: a) fôrma de pilar e suas subdivisões; b) fôrma de viga e suas subdivisões; c) fôrma de laje e suas subdivisões.



Fonte: Adaptado pelo Autor a partir de Maranhão (2000).

Os principais componentes da categoria de pilares são painéis, gastalhos, aprumadores e tirantes. Os painéis de fundo e os laterais compõem o molde. A função dos gastalhos é locar os painéis e conter o empuxo na base do pilar, enquanto que os tirantes têm a função de travar os moldes, e geralmente são barras de ancoragem apertadas com porcas. Os aprumadores servem para deixar os pilares no prumo. A **Figura 4 (a)** ilustra a categoria de pilar.

A categoria de vigas é composta principalmente de painéis de fundo e de faces laterais (moldes), sarrafos, garfos e acessórios para nivelamento. Os sarrafos reforçam os painéis laterais contra carregamentos horizontais durante a concretagem e apoiam o molde da viga nos garfos. Estes escoram os moldes de fundo e travam os laterais. Cunhas de madeira são utilizadas para nivelar os painéis. Estes componentes podem ser vistos na **Figura 4 (b)**

O subsistema lajes é formado por painéis, longarinas, escoras e acessórios de nivelamento. Os moldes ou painéis de lajes geralmente são de madeira, material metálico ou plástico. Estes se apoiam sobre as longarinas e guias, e os esforços são então transferidos para os escoramentos. A **Figura 4 (c)** representa a categoria de lajes.

2.2 Fôrmas

Fôrmas são “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” (ABNT, 2009).

Segundo Assahi (2018), o procedimento de montagem das fôrmas é responsável por cerca de 30% do cronograma de uma obra, tendo, portanto, grande influência no seu prazo de execução. Desta forma, o sistema deve apresentar qualidade, economia e segurança.

2.2.1 Materiais Utilizados

A norma NBR 15696 (ABNT, 2009) especifica os tipos de materiais que podem ser utilizados: madeira (bruta ou industrializada), elementos metálicos (aço ou alumínio) e outros materiais (plásticos ou papelão).

O sistema de madeira é o mais antigo e ainda bastante utilizado pelos construtores, mas novos materiais têm surgido e são alternativos às opções tradicionais, propiciando a redução de custos, prazos e resíduos. Os principais materiais utilizados são descritos a seguir.

2.2.1.1 Fôrmas de Madeira Compensada

As dificuldades em se obter madeira maciça e o desenvolvimento tecnológico propiciaram o surgimento de produtos derivados da madeira, como foi o caso da madeira compensada, que é composta pela união de no mínimo três lâminas, com auxílio de um adesivo colante e, para a superfície externa, usualmente se utiliza acabamento resinado ou plastificado. No primeiro tipo é aplicada uma camada de resina líquida, mas, por não sofrer um processo de polimerização eficiente, a resina vai sendo retirada durante as concretagens e assim, só pode ser reutilizada de 4 a 5 vezes. Por outro lado, nas chapas plastificadas, a resina é aplicada sob a forma de filme, tornando a peça mais resistente e propiciando sua reutilização em até 40 vezes (MARANHÃO, 2000).

Existem duas normas para o dimensionamento de fôrmas de madeira industrializada: ABNT NBR 15696:2009 e NBR ISO 1096:2006, esta última se referindo à classificação de madeira compensada.

As dimensões das chapas de madeira compensada são de 1,10m x 2,20m ou 1,22m x 2,44m, e as espessuras mais empregadas são de 6mm, 10mm, 12mm, 18mm, 20mm e 25mm.

Algumas vantagens deste tipo de material, segundo Neiva Neto (2014), são:

- boa resistência;
- elevada rigidez;
- ótimo acabamento;
- economia através de seu baixo custo e quantidade de reaproveitamento;
- facilidade na sua aquisição;
- domínio da mão-de-obra;
- facilidade na desforma e moldagem.

Por outro lado, apresenta grandes deformações quando submetida a variações de umidade.

As Figuras 6 e 7 ilustram, respectivamente, uma chapa de madeira compensada com revestimento plastificado e revestimento resinado.

Figura 5 – Chapa de madeira compensada plastificada.



Fonte: Autor (2018).

Figura 6 – Chapa de madeira compensada resinada.



Fonte: Madeireira Madecal (2018).

2.2.1.2 Fôrmas Metálicas

De acordo com Costa (2014), neste tipo de sistema, todos os elementos constituintes são de aço ou alumínio, como se observa na **Figura 7**. Pode ser empregado em todos os tipos de peças estruturais.

As especificações para as peças de aço devem seguir as normas ABNT NBR 8800:2008, NBR 6355:2012 e NBR 14762:2010, enquanto que para alumínio, é a NBR 14229:2012.

Figura 7 – Fôrmas e escoramentos metálicos.



Fonte: AECweb (2018).

Segundo Fleck (2014), suas principais vantagens são:

- grande capacidade de reutilização;
- ótimo acabamento superficial;
- elevada durabilidade;
- fácil manuseio;
- reduz as perdas.

Carmo (2007) cita como desvantagem seu alto custo de aquisição e manutenção.

Os fabricantes garantem um ganho de até 50% na produtividade e que o sistema pode ser montado por profissionais sem muito treinamento e experiência. As principais desvantagens são o custo bem elevado em comparação com o sistema de madeira e o seu projeto requer um alto grau de planejamento e detalhamento (COSTA, 2014).

2.2.1.3 Fôrmas Plásticas

Em consequência de sua resistência, seu pouco peso, de evitar desperdícios e de proporcionar uma boa qualidade à superfície do concreto, o plástico vem sendo bastante utilizado como molde de alguns sistemas de fôrmas, como as lajes maciças e nervuradas (NOGUEIRA *et al.*, 2010).

Segundo a NBR 15696 (ABNT, 2009), este tipo de material deve seguir as normas ou documentos técnicos de cada fabricante, sendo necessários ensaios de laboratório para comprovar seus resultados.

Conforme a UFSC (2018), laje maciça é uma estrutura de concreto armado, que possui espessura constante, moldada a partir do lançamento do concreto fresco sobre um sistema de fôrmas planas. Geralmente, a sua espessura varia de 7 a 15 cm. A **Figura 8** representa fôrmas plásticas para laje maciça.

Figura 8 – Fôrmas para laje maciça.



Fonte: Atex Brasil (2018).

De acordo com Magnagnagno (2014), laje nervurada é um sistema de concreto armado, no qual existem vazios entre as nervuras, formando uma fina capa de concreto executada como plano de piso.

Os moldes ou fôrmas das lajes nervuradas são comumente chamados de “cubetas”. Um material utilizado para este tipo de fôrma é o polipropileno, que possui resistência mecânica elevada, evitando assim a deformabilidade das peças. A **Figura 9** ilustra uma laje nervurada.

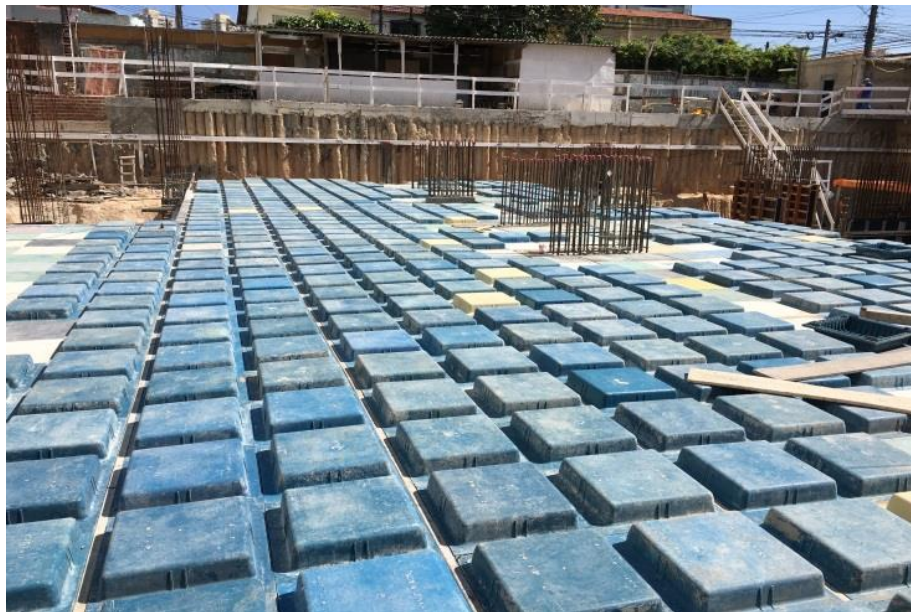
Figura 9 – Laje nervurada com cubetas de polipropileno.



Fonte: Impacto Protensão (2018).

Segundo a Impacto Protensão (2018), esta empresa desenvolveu um novo conceito de laje nervurada, o Sistema Pavplus. É um sistema que alia o conceito de laje maciça ao de laje nervurada, composto de fôrmas plásticas de polipropileno, sendo utilizadas para as regiões nervuradas as cubetas e, para as regiões maciças, o *Plasterit*. A espessura da laje deste sistema é menor do que a das lajes nervuradas convencionais, buscando uma economia no volume de concreto. A **Figura 10** ilustra uma laje que utiliza o sistema citado.

Figura 10 – Laje com Sistema Pavplus.



Fonte: Autor (2018).

2.3 Escoramento, Cimbramento e Reescoramento

É normal confundir os termos escoramento e cimbramento. Segundo Pfeil (1987), cimbramentos são construções provisórias com o objetivo de suportar o peso de uma estrutura permanente durante a sua construção e até que ela se torne autoportante, ou seja, é o conjunto de todos os sistemas estruturais provisórios, incluindo os elementos verticais e horizontais. Já o escoramento se refere apenas às escoras verticais e seus acessórios.

As solicitações atuantes sobre os cimbramentos são: peso próprio das escoras e das fôrmas; pressão lateral do concreto fresco; recalques diferenciais entre os suportes de cimbramentos; carga horizontal atuante no escoramento; sobrecargas aplicadas; variações de temperatura; pressão do vento; solicitações acidentais (PFEIL, 1987).

As escoras são responsáveis por garantir que as fôrmas de lajes, vigas e

pilares não venham a sofrer desníveis e deformações, ou seja, que a estrutura possa ser executada conforme o projeto estrutural. Tais deformações podem modificar a geometria projetada e produzir fissuras indesejáveis no concreto.

O reescoramento é um tipo de escoramento que reduz a quantidade de elementos do sistema enquanto o concreto adquire resistência, possibilitando assim a utilização de parte do escoramento em outros pavimentos que poderão ser concretados (REZENDE, 2010).

Segundo a Atex Brasil (2018), reescoramento é o processo de sustentação final da estrutura até que o concreto esteja completamente resistente, e sua aplicação absorve cargas superiores às projetadas, assim como evita deformações excessivas e fissuras no concreto.

2.3.1 Materiais Utilizados

De acordo com Araújo e Freire (2004), os materiais utilizados para escoramento devem ser escolhidos conforme sua resistência, quantidade de reutilizações, manuseabilidade, versatilidade e interferência com os outros elementos do sistema de fôrmas.

Segundo a norma NBR 15696 (ABNT, 2009), os materiais que podem ser utilizados como cimbramento são madeira (industrializada ou bruta), elementos metálicos (aço ou alumínio) e outros materiais (plástico ou papelão).

Os principais materiais utilizados são madeira e metal, os quais serão descritos a seguir.

2.3.1.1 Escoramento de Madeira Bruta

Como citado anteriormente, Neiva Neto (2014) define como sendo as principais características da madeira: alta resistência, alta rigidez, ótimo acabamento e economia pela quantidade de reutilizações.

Por outro lado, segundo Schossler (2016), a madeira não permite uma boa precisão geométrica e seu nivelamento é complicado, necessitando-se de cunhas para realizá-lo e sarrafos para garantir a sua estabilidade.

As especificações para utilização de madeira bruta devem seguir as orientações da norma ABNT NBR 7190:1997, que trata de projeto de estruturas de madeira.

Também chamadas de pontaletes, as escoras de madeira são colocadas na posição vertical e apoiam as fôrmas de vigas e lajes, ou então na diagonal para suporte aos painéis de pilares. Deverão apoiar-se sobre calços de madeira assentes sobre piso de concreto ou solo compactado, devendo haver espaço entre o calço e a escora para a inserção de cunhas. A **Figura 11** ilustra um cimbramento em madeira.

Figura 11 – Cimbramento e escoramento em madeira.



Fonte: Madeira Tratada.com (2018).

2.3.1.2 Escoramento Metálico

Carmo (2007) descreve como características deste material a sua flexibilidade, alta resistência, simples montagem e ajustes precisos.

As especificações para as peças de aço devem seguir as normas ABNT NBR 8800:2008, NBR 6355:2012 e NBR 14762:2010, enquanto que para alumínio, é a NBR 14229:2012.

Alguns tipos são escoras tubulares e torres metálicas, conforme Figuras 13 e 14.

As escoras tubulares são bastante utilizadas em edificações de pé direito baixo, enquanto que as torres são indicadas para grandes alturas, já que seu sistema de montagem não limita o seu alcance (CARMO, 2007).

Figura 12 – Escoras metálicas tubulares.



Fonte: Fokintec (2018).

Figura 13 – Torres metálicas.



Fonte: Orguel (2018).

2.4 Projeto

Segundo a norma NBR 6118 (ABNT, 2014), que trata a respeito de “Projeto de estruturas de concreto – procedimento”, os projetos de fôrmas e escoramentos são complementares ao projeto estrutural.

O projeto do sistema de fôrmas também deve seguir as prescrições das normas ABNT NBR 7190:1997, que trata do projeto de estruturas de madeira, e NBR 8800:2008, que se refere ao projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios (NBR 14931:2004).

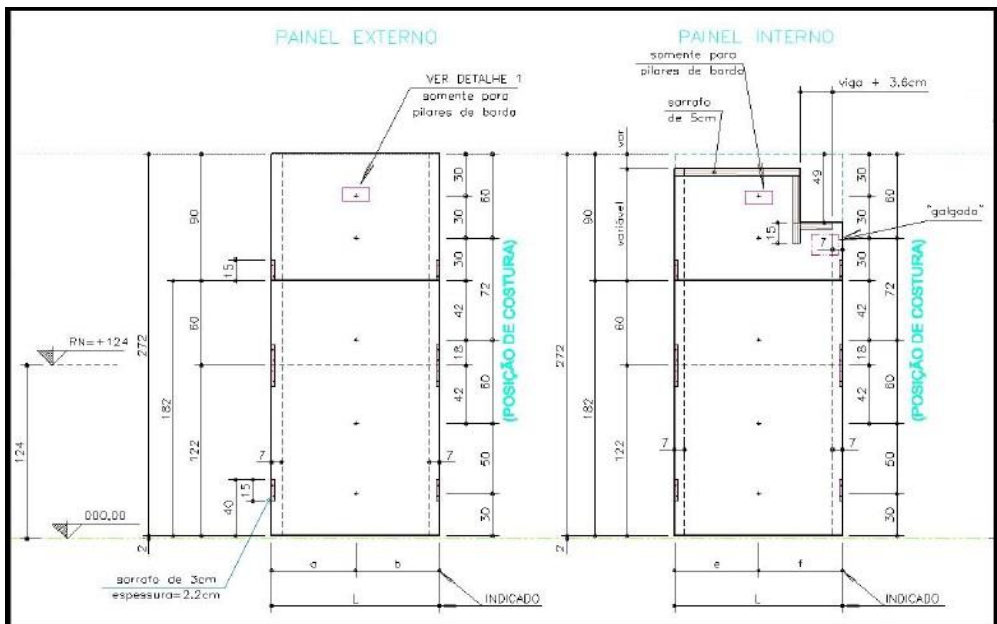
2.4.1 Projeto de fôrmas

De acordo com a NBR 15696 (ABNT, 2009), o projeto de fôrmas deve:

- especificar os materiais utilizados;
- definir o posicionamento dos elementos utilizados;
- citar os critérios adotados para o dimensionamento da fôrma, tais como a pressão do concreto, velocidade de lançamento, consistência do concreto, etc.;
- ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes.

A **Figura 14** ilustra um projeto de fôrmas de pilares.

Figura 14 – Projeto de fôrmas de pilares.

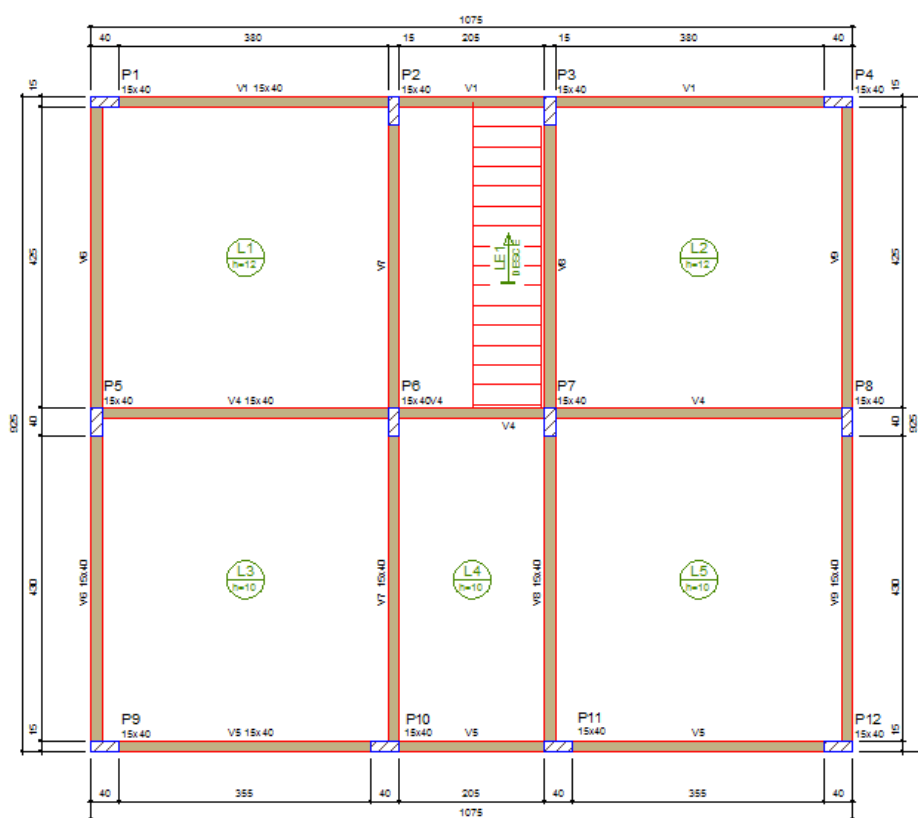


Fonte: Assahi (2018).

Segundo Santos (2017), planta de fôrma é uma representação gráfica da

geometria de um pavimento de concreto que pode ou não ser moldado na obra. Esta planta faz parte do projeto do sistema de fôrmas. A **Figura 15** representa um exemplo deste tipo de desenho.

Figura 15 – Planta de fôrmas.



Fonte: MaisEngenharia (2019).

2.4.2 Projeto de escoramentos

O projeto de escoramento, segundo a NBR 15696 (ABNT, 2009), deve:

- especificar as cargas admissíveis dos equipamentos utilizados;

- b) definir o posicionamento de todos os elementos;
- c) definir as cargas nas bases de apoio;
- d) ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes.

A **Figura 16** ilustra um projeto de escoramento.

Figura 16 – Projeto de escoramento.



Fonte: PUC Goiás (2013).

2.5 Execução

Conforme a ABNT (2004), a qual estabelece os requisitos gerais para a execução de estruturas de concreto, o projeto do sistema de fôrmas deve ser elaborado e executado para que o mesmo venha a possuir:

- a) resistência às ações atuantes durante a construção, considerando:
 - ação de fatores ambientais;
 - carga de estrutura auxiliar;
 - carga das estruturas permanentes que serão suportadas pela

- estrutura auxiliar, até que o concreto atinja resistência suficiente para remoção do escoramento;
 - efeitos dinâmicos acidentais devido ao lançamento e adensamento do concreto, respeitados os limites estabelecidos na própria norma;
 - no caso de concreto protendido, resistência adequada à redistribuição de cargas originadas durante a protensão;
- b) rigidez que assegure que as tolerâncias especificadas para a estrutura e nas especificações do projeto sejam satisfeitas.

2.5.1 Execução das fôrmas

As fôrmas devem se adaptar ao formato e às dimensões das peças projetadas; deve ser estanque de forma a impedir a perda de pasta de cimento; o formato e a posição da fôrma devem ser mantidos durante sua utilização; e deve haver monitoramento e correção durante a concretagem, caso haja deslocamentos do sistema de fôrmas não previstos nos projetos (ABNT, 2004).

As Figuras 18 e 19 ilustram, respectivamente, a execução de fôrmas de pilares e vigas.

Figura 17 – Montagem de fôrmas de pilares.



Fonte: Essencial Equipamentos (2018).

Figura 18 – Montagem de fôrmas de vigas



Fonte: Proplan (2018).

2.5.2 Execução dos escoramentos

A ABNT (2004) estabelece que o projeto de escoramento deve evitar que haja deformações prejudiciais ao formato da estrutura ou que causem esforços não previstos no concreto. Além disso, o projeto deve considerar as vibrações pelas quais o escoramento se sujeitará, assim como a flambagem e deformação dos materiais.

A mesma norma recomenda que devem ser tomadas medidas a fim de evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na estrutura que suporta o escoramento, podendo-se utilizar lastro, piso de concreto ou pranchões para distribuir melhor as cargas e corrigir algumas irregularidades.

Segundo a CEHOP (2018), o apoio do escoramento diretamente sobre o solo poderá se dar caso o mesmo apresente uma boa consistência. Caso contrário, deverá apoiar-se sobre pranchões ou peças de madeira, como se pode observar através da **Figura 19**.

Figura 19 – Escoras apoiadas em pranchões.



Fonte: Site UFRGS (2018).

2.5.3 Cuidados na montagem de fôrmas e escoramentos

Durante o processo de montagem do sistema de fôrmas (moldes e escoras), alguns cuidados devem ser respeitados, segundo a ABNT (2009). Abaixo, seguem alguns desses cuidados:

- a montagem de todo o sistema de fôrmas deve ser realizada através de um projeto de fôrmas e escoramentos;
- deve constar, no plano da obra, o método a ser seguido para a montagem e remoção das estruturas auxiliares;
- observando-se a NR 18, devem ser tomadas precauções para proteção do sistema contra riscos de incêndio;
- qualquer componente utilizado deve manter a geometria das peças durante a concretagem e resistir a contaminações que afetem a sua integridade, a do concreto ou da armadura.

2.6 Retirada de fôrmas e escoramentos

De acordo com a ABNT (2004), a retirada das fôrmas e do escoramento deverá ser realizada de acordo com o plano de desforma, de modo que não comprometa o desempenho nem a segurança da estrutura, e somente quando o concreto estiver endurecido para resistir às ações que atuam sobre ele, sem conduzir a deformações inaceitáveis.

Para o atendimento dessas condições, a ABNT (2009) orienta que o projeto estrutural especifique os valores mínimos de módulo de elasticidade do concreto (E_{ci}) e resistência à compressão do concreto (f_{cj}). Desta forma, o responsável técnico pela obra, deve garantir que os valores informados no projeto sejam atendidos na idade da remoção das fôrmas e escoramentos.

O ciclo de remoção ou remanejamento deve ser de no mínimo 14 dias. Mas, no caso da utilização de concretos que obtenham características de resistência e deformação mais rapidamente, sendo a protensão um exemplo, a análise e planejamento do escoramento podem ser realizados e o ciclo pode ser reduzido (ABNT, 2009).

2.7 Síntese do sistema de fôrmas e cimbramento

A **Figura 20** ilustra um mapa mental, com as principais considerações referentes ao sistema de fôrmas e cimbramento: elementos que o compõem, suas subdivisões, materiais utilizados e etapas de projeto e execução.

Figura 20 – Mapa mental do sistema de fôrmas e cimbramento.



Fonte: Autor (2018).

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DA EXECUÇÃO DO SISTEMA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL INOVADOR EM FORTALEZA

3.1 Características do Empreendimento

O presente capítulo se refere ao acompanhamento da execução do sistema de fôrmas e escoramentos da construção de um condomínio residencial de múltiplos pavimentos. A escolha deste empreendimento se deu pelo fato de o mesmo utilizar um sistema bastante inovador na execução de estruturas em concreto armado e protendido, o Sistema Pavplus. Tal sistema busca aliar a economia em material gerada pela laje nervurada, com a agilidade da laje maciça, visando obter o máximo de produtividade em todos os elementos estruturais de uma laje.

O condomínio estudado está localizado no Centro de Fortaleza, estado do Ceará. É composto por 18 pavimentos (sendo 17 tipo, o mezanino e o térreo) e ainda 2 subsolos de garagem. Cada pavimento tipo possui 3 apartamentos, totalizando assim 51 unidades habitacionais, todas com a mesma área, de aproximadamente 100,73 m², com área total construída de 5.137,23 m² e área do terreno de 1.532,81 m².

A **Figura 21** representa imagens ilustrativas do prédio quando finalizado.

Figura 21 – Imagens ilustrativas do empreendimento:

a) Fachada; b) Guarita; c) Planta do apartamento.



Fonte: Autor (2019).

A construtora responsável pelo empreendimento será denominada ao longo deste trabalho de Construtora X. A mesma possui um sistema de gestão integrado (SGI) baseado no Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Com este sistema, todos os serviços realizados são analisados, acompanhados e verificados.

3.2 Comparação entre Projetos Estruturais e Normativas em Empreendimento de Fortaleza/CE

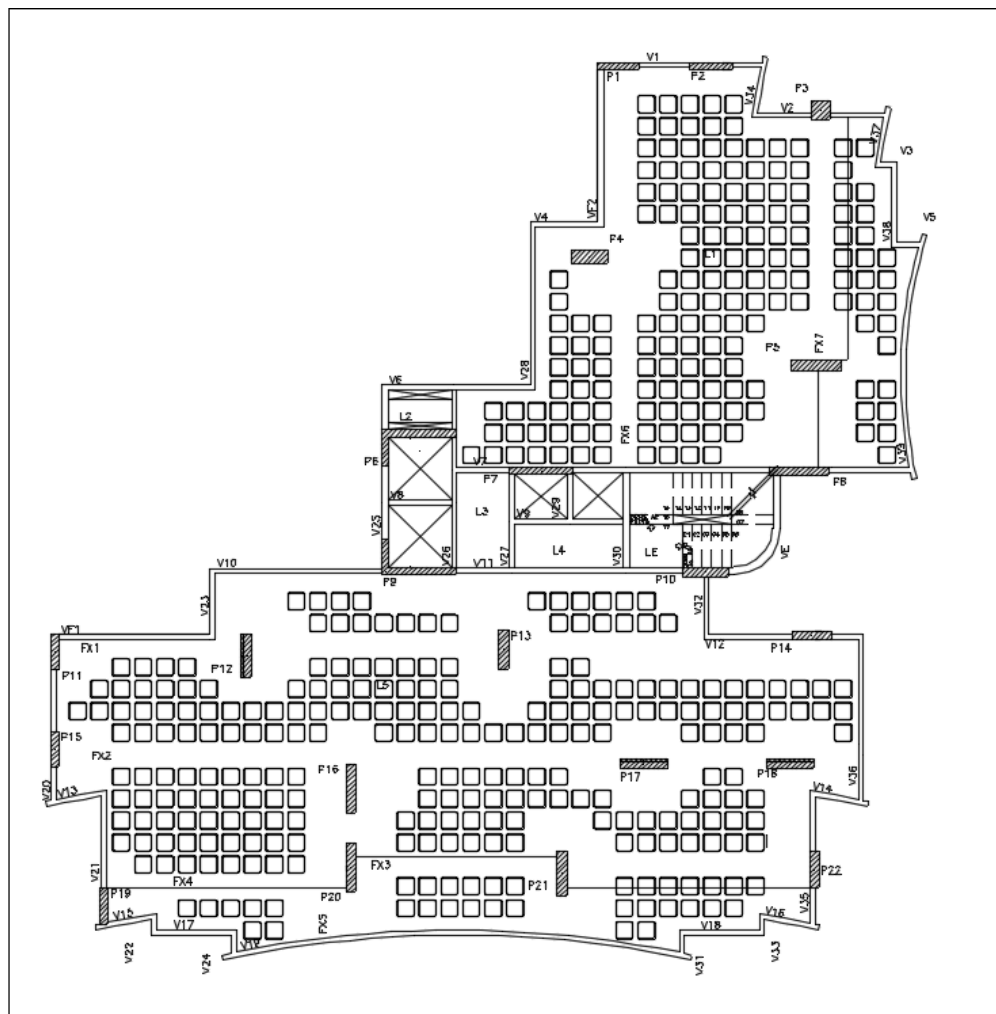
Através da análise dos projetos estrutural, de fôrmas e de escoramentos, assim como das suas execuções, é possível comparar os dados obtidos com as recomendações estabelecidas em normas, e verificar se tais dados estão compatíveis com as mesmas.

O projeto estrutural do empreendimento foi elaborado por um escritório de projetos estruturais bem conceituado da cidade de Fortaleza/CE, e será denominado, neste trabalho, de Escritório Y. Ele foi desenvolvido utilizando-se o sistema Pavplus, de propriedade da empresa que será chamada neste estudo de Empresa Z.

3.2.1 Aspectos Relativos aos Projetos Estrutural e de Fôrmas

A **Figura 22** representa o projeto estrutural de um pavimento tipo do empreendimento.

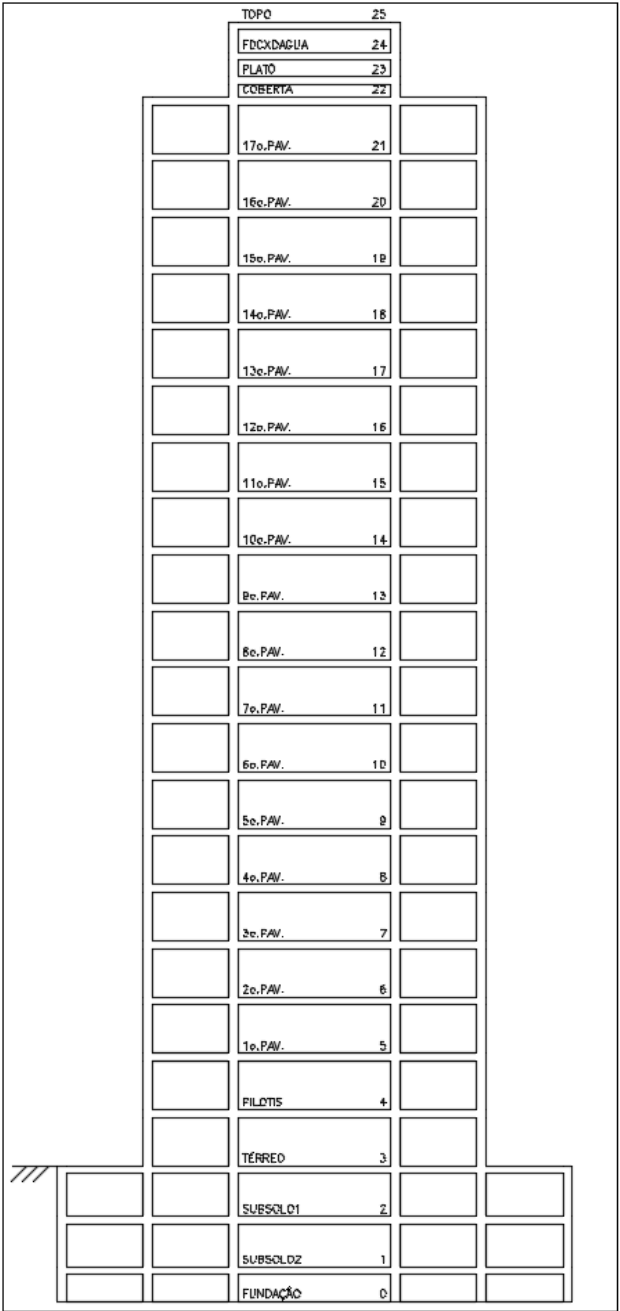
Figura 22 – Projeto estrutural de um pavimento tipo.



Fonte: Escritório Y (2018).

A **Figura 23** ilustra um corte esquemático do prédio, ilustrando todos os pavimentos do mesmo.

Figura 23 – Projeto estrutural de um pavimento tipo.



Fonte: Escritório Y (2018).

Figura 24 ilustra as informações contidas no projeto estrutural, referentes à resistência característica do concreto à compressão e ao módulo de elasticidade do mesmo. Tais informações são necessárias para a retirada total das fôrmas e escoramentos.

Figura 24 – Dados do concreto.

12	–	CONCRETO
a	–	$F_{ck} = 30 \text{ Mpa}$
b	–	$E_{cs} = 27 \text{ GPa}$

Fonte: Escritório Y (2018).

Enquanto que a **Figura 25** informa também no projeto estrutural, dados para a execução da protensão.

Figura 25 – Dados para protensão.

ETAPAS DE PROTENSÃO
(na data da protensão)
$F_{ck,i} = 21 \text{ MPa}$
$E_{ci} = 11 \text{ GPa}$

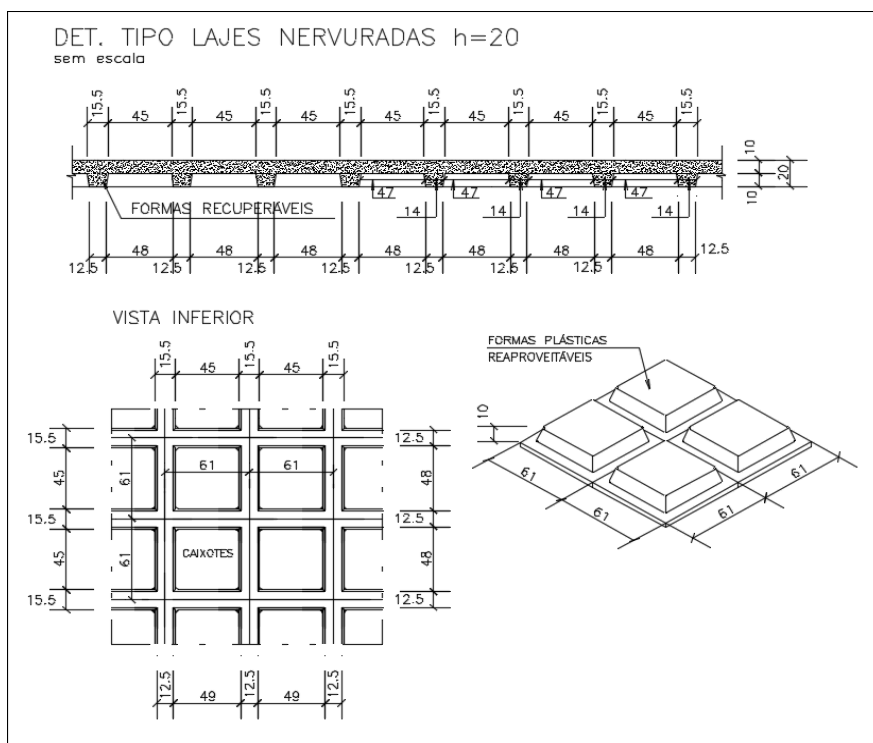
Fonte: Escritório Y (2018).

De posse deste projeto estrutural, a Construtora X contratou a Empresa Z para elaborar os projetos de fôrmas das lajes e de cimbramento.

O projeto de fôrmas desenvolvido pela Empresa Z especifica onde serão utilizados os caixotes, os plasterites e os madeirites, assim como orienta a sequência de montagem das caixas plásticas. O mesmo não contempla as fôrmas dos pilares e vigas, visto que a Construtora X já possui ampla experiência na execução de estruturas de concreto e possui um sistema próprio de fôrmas de madeirite para estas peças estruturais e, portanto, não serão objetos deste estudo. As informações contidas no projeto de fôrmas podem ser observadas através das Figuras 27 a 32.

A **Figura 26** ilustra, contido no projeto da Empresa Z, os detalhes das fôrmas plásticas, especificando as medidas das cubetas e o espaçamento entre elas.

Figura 26 – Detalhes do projeto de fôrmas: fôrmas plásticas.



Fonte: Empresa Z (2018).

As cargas adotadas e a resistência característica do concreto à compressão (f_{ck}), que são definidos no projeto estrutural, também são informadas no projeto do sistema de fôrmas, conforme se pode observar através da **Figura 28**.

Figura 27 – Detalhes do projeto de fôrmas: cargas adotadas e f_{ck} do concreto.

CARGAS ADOTADAS:				
ÁREA	PERMANENTES		ACIDENTAIS	
	KN/m ²	tf/m ²	KN/m ²	tf/m ²
ESTACIONAMENTOS	1.00	0.10	3.00	0.30
SALÃO DE FESTAS	1.00	0.10	3.00	0.30
ÁREA DE USO COMUM	2.00	0.20	3.00	0.30
APARTAMENTOS	1.00	0.10	1.50	0.15
CORREDORES/HALLS/ESCADAS	1.00	0.10	3.00	0.30
JARDIM h=50	9.00	0.90	1.50	0.15
LAJE DE SEGURANÇA	1.00	0.10	2.00	0.20
CASA DE MÁQUINAS	1.00	0.10	5.00	0.50
PLATÔ	1.00	0.10	15.00	1.50

ALVENARIA	PESO POR ÁREA	
	KN/m ²	tf/m ²
DRY WALL	0.30	0.03
BLOCOS DE CONCRETO b=9	1.60	0.16
BLOCOS DE CONCRETO b=14	2.60	0.26
TIJOLOS CERÂMICOS b=12	1.50	0.15
TIJOLOS CERÂMICOS b=15	1.80	0.18

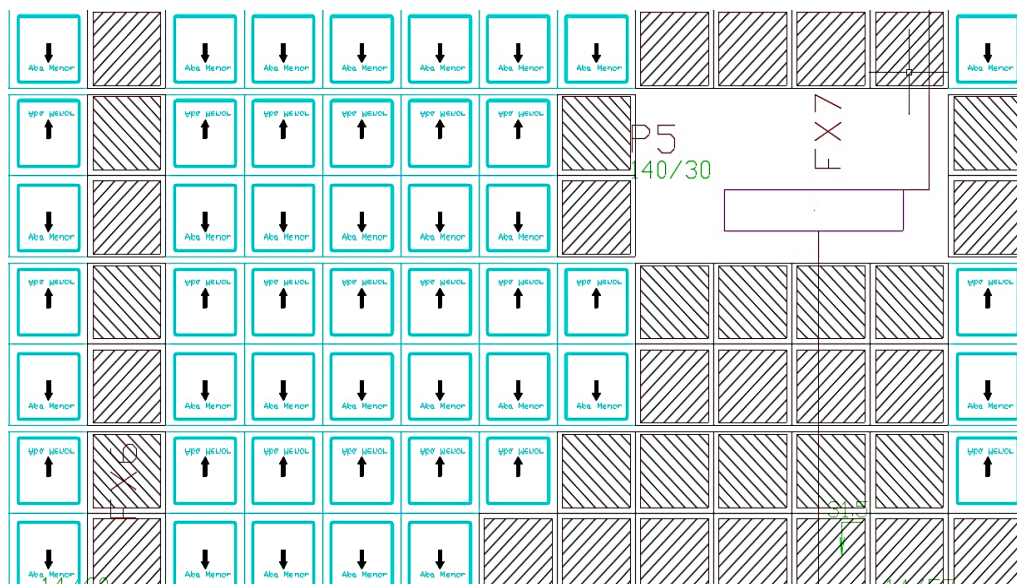
$F_{ck} = 30 \text{ MPa}$

Fonte: Empresa Z (2018).

O projeto também contempla o procedimento de montagem das fôrmas (caixotes, plasterites e madeirites), conforme é observado pela **Figura 28**. As setas indicam o posicionamento correto de montagem da cubetas, visto que este modelo de fôrma não é um quadrado perfeito. Desta forma, as mesmas

só encaixam quando montadas no sentido que as setas indicam. As hachuras com traços diagonais representam as fôrmas de plasterite, a parte em branco representa as fôrmas em madeirite, enquanto as caixas azuis representam as cubetas ou caixotes.

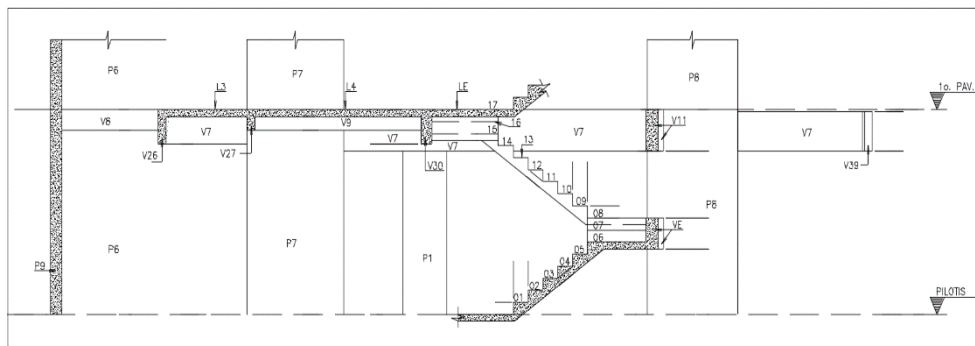
Figura 28 – Detalhes do projeto de fôrmas: montagem.



Fonte: Empresa Z (2018).

Figura 29 representa um dos cortes contidos no projeto de fôrmas, referente a uma parte da estrutura da obra, que auxilia o processo de montagem das fôrmas.

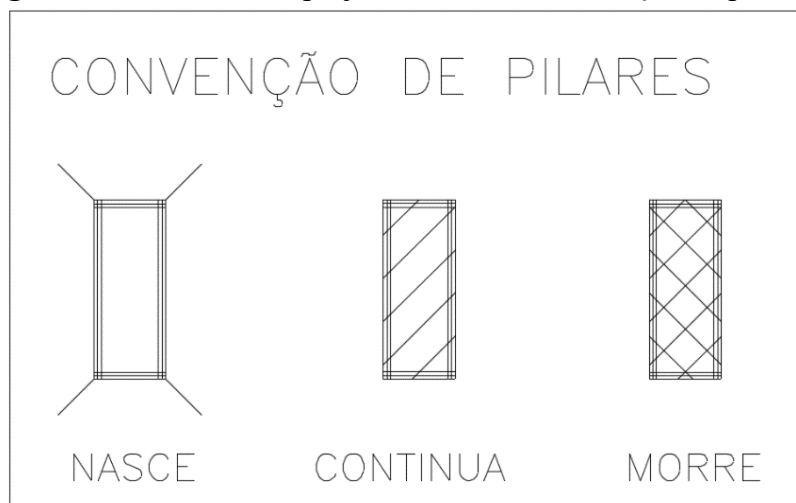
Figura 29 – Detalhes do projeto de fôrmas: corte.



Fonte: Empresa Z (2018).

A convenção de pilares adotadas no projeto é ilustrada pela **Figura 30**, que indica quando um pilar nasce, continua ou morre na estrutura da obra.

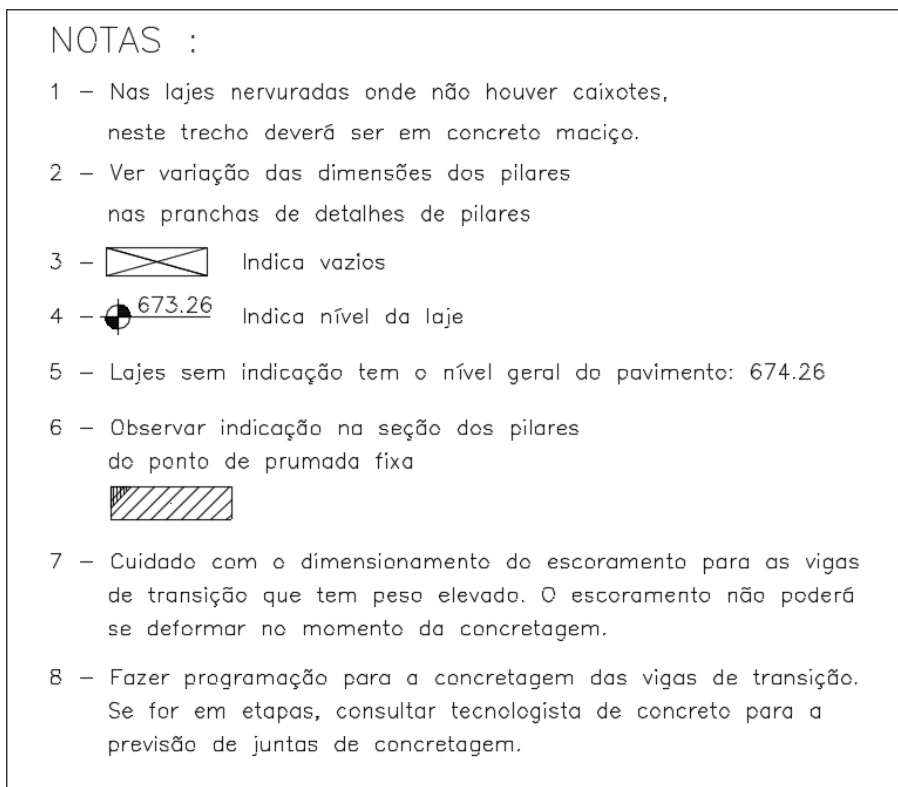
Figura 30 – Detalhes do projeto de fôrmas: convenção de pilares.



Fonte: Empresa Z (2018).

Algumas informações adicionais, como o cuidado no dimensionamento do escoramento para as vigas de transição e na observação da variação nas dimensões dos pilares, são descritas no projeto, como se observa através da **Figura 31**.

Figura 31 – Detalhes do projeto de fôrmas: informações adicionais.



Fonte: Empresa Z (2018).

Através da análise do projeto, foi possível elaborar o **Quadro 1**, que compara os requisitos exigidos pela norma ABNT NBR 15696:2009 com os informados no projeto da Empresa Z.

Quadro 1 – Comparação entre a ABNT NBR 15696:2009 e o projeto de fôrmas.

Informações	ABNT NBR 15696:2009	Projeto Empresa Z
Especificação dos materiais utilizados	✓	✓
Definição do posicionamento dos elementos utilizados	✓	✓
Critérios adotados para o dimensionamento da fôrma (pressão do concreto, altura de concretagem, metodologia de lançamento, etc)	✓	✗
Plantas, cortes e vistas	✓	✓
Cargas adotadas e f_{ck}	✗	✓

Fonte: Autor (2019).

Através do **Quadro 1** apresentado, pode-se observar que os critérios referentes ao projeto do sistema de fôrmas, tais como a pressão do concreto, a velocidade de lançamento, altura de concretagem e de vibração, consistência do concreto, metodologia de lançamento, não constam no projeto. Tal informação não acarreta efeitos comprometedores, visto que a execução dos serviços da obra é fiscalizada através das Fichas de Verificação de Serviços (FVS), que compõem o sistema de gestão adotado pela construtora (PBQP-H) e os critérios mencionados acima estão contidos na FVS referente à montagem das fôrmas, de acordo com a ABNT (2004).

Além disso, as informações referentes às cargas adotadas e f_{ck} do concreto, não têm necessidade de constar no projeto de fôrmas. Entretanto,

esta informação adicional não é prejudicial, pelo contrário, é benéfica, visto que são informações que agregam mais conhecimento sobre o projeto aos responsáveis pela execução da obra.

As demais informações solicitadas pela ABNT NBR 15696:2009 estão contidas no projeto.

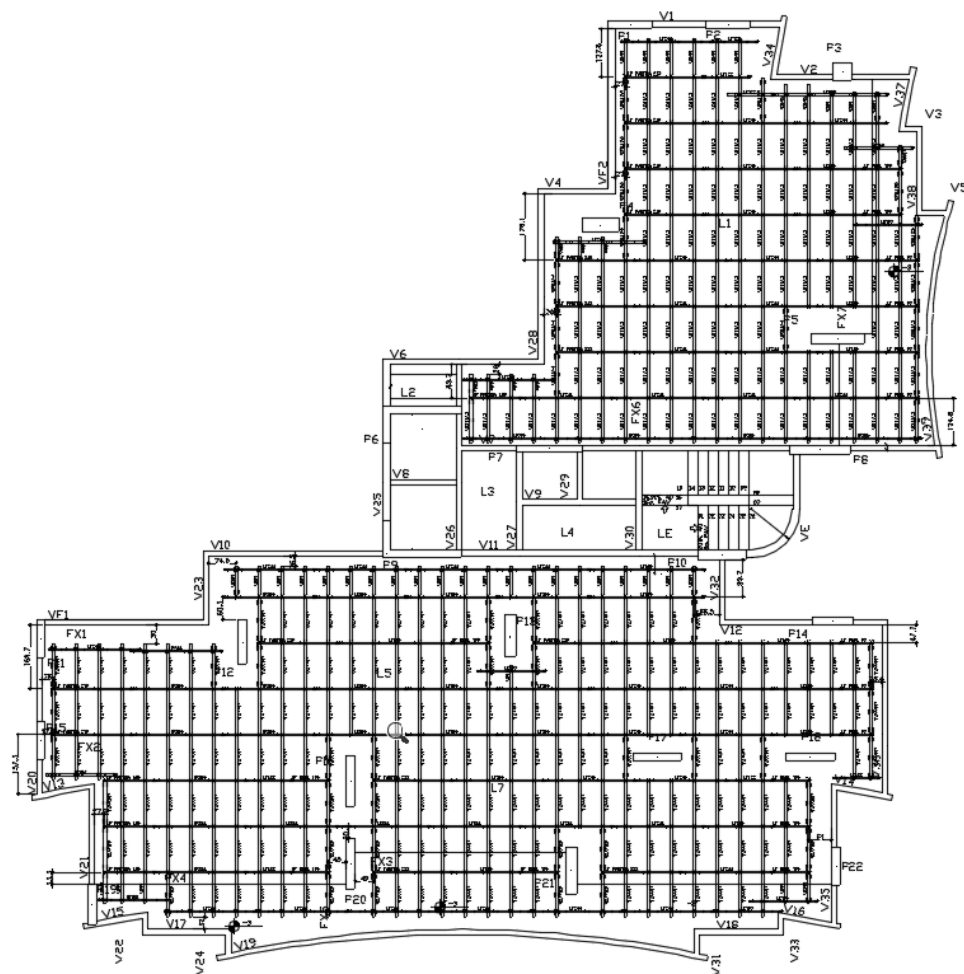
Com relação às exigências da ABNT NBR 14931:2004, o projeto de fôrmas deve ser elaborado de tal forma que as mesmas devam adaptar-se ao formato e às dimensões dos elementos estruturais projetados e também garantir a estanqueidade, impedindo perdas de concreto. Tais exigências foram obedecidas no projeto elaborado pela Empresa Z.

3.2.2 Aspectos Relativos ao Projeto de Cimbramento

O projeto de cimbramento metálico, desenvolvido pela Empresa Z, especifica as informações necessárias à perfeita montagem do sistema, as quais serão ilustradas e descritas a seguir.

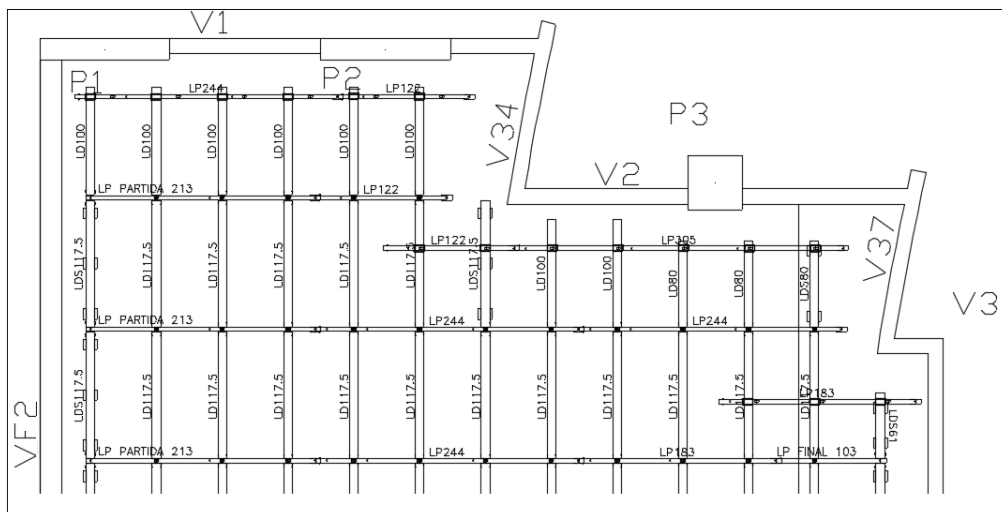
A **Figura 32** ilustra a planta de escoramento do pavimento tipo e um detalhe mais aproximado para melhor verificação da planta pode ser observado através da **Figura 33**. Nesta planta estão inclusas todas as peças a serem utilizadas na execução do escoramento da estrutura, indicando as distâncias entre as mesmas.

Figura 32 – Planta de cimbramento do pavimento tipo.



Fonte: Empresa Z (2018).

Figura 33 – Detalhe aproximado da planta de cimbramento do pavimento tipo.

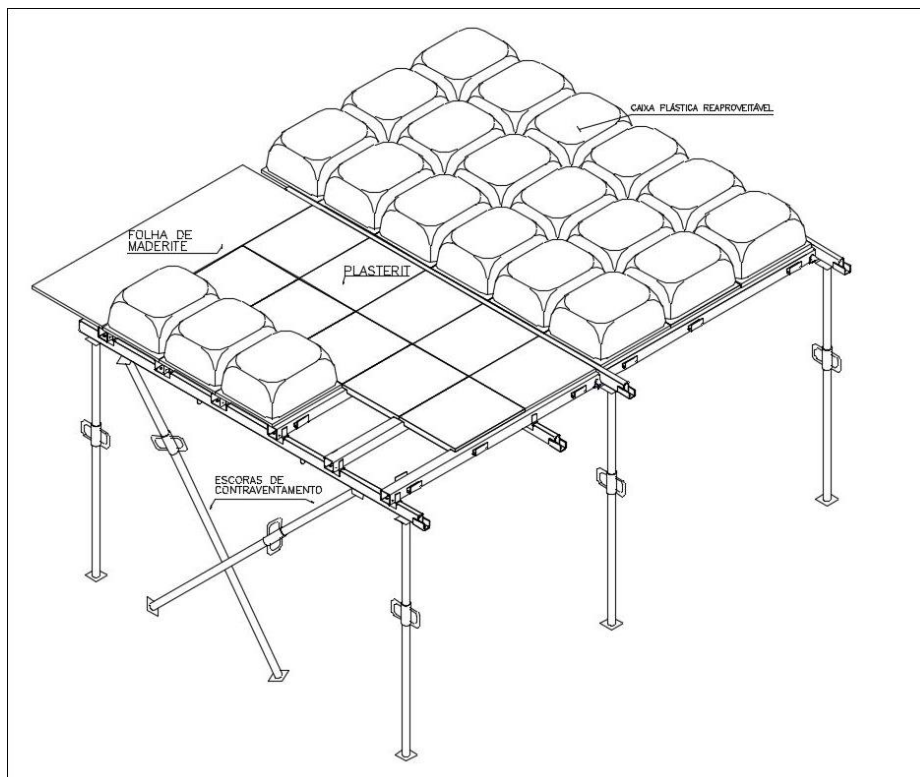


Fonte: Empresa Z (2018).

Na **Figura 32** ilustrada acima, pode-se observar que existem dois tipos de longarinas, as principais (LP) e as de distribuição (LD), e ao lado da descrição de cada uma, o seu comprimento em centímetros. Além disso, existem as longarinas principais de partida (LP partida), que são as primeiras a serem montadas. As LD serão apoiadas sobre as LP. As LDS são as longarinas de distribuição sarrafeadas, ou seja, são as utilizadas no encontro das vigas, presas no madeirite da borda da viga e no sarrafo da peça.

Na **Figura 34** está a representação tridimensional da montagem do escoramento. Através deste detalhe do projeto, pode-se observar de forma mais prática o formato das caixas plásticas ou cubetas, do plasterite, do madeirite (componentes do sistema de fôrmas), assim como as escoras, os engates e as longarinas (componentes do sistema de cimbramento).

Figura 34 – Detalhe isométrico de montagem do cimbramento.



Fonte: Empresa Z (2018).

O projeto também informa a quantidade e a descrição de todas as peças a serem utilizadas, conforme pode ser visto pela **Figura 35**. Vale observar que a numeração após os tipos de longarina se refere aos comprimentos dos mesmos.

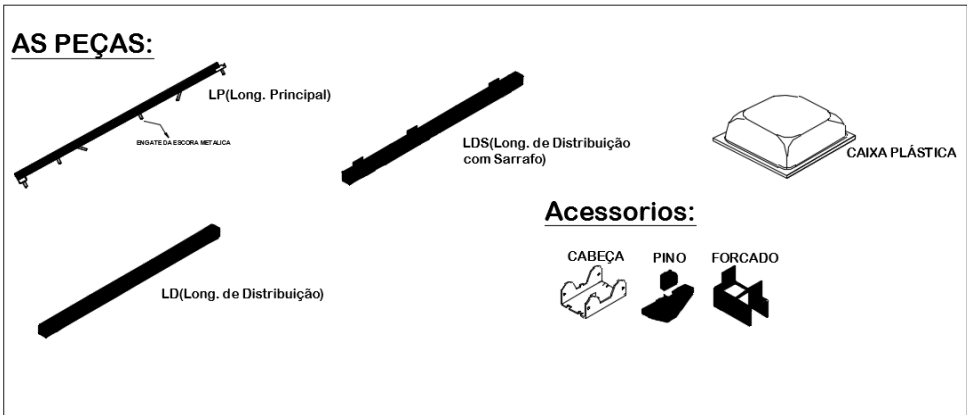
Figura 35 – Quadro de peças.

QUADRO DE PEÇAS	
Count	Name
296	CABEÇA COM PINO
417	CAIXA 61x58.75
116	FORCADO
273	LD 117.5
8	LD100
6	LD61
24	LD80
50	LDS 117.5
3	LDS61
5	LDS80
9	LP FINAL 103
7	LP FINAL 87
4	LP PARTIDA 138
14	LP PARTIDA 213
7	LP122
16	LP183
59	LP244
10	LP305
218	PLASTERIT 61x58.75

Fonte: Empresa Z (2018).

Todas as peças descritas acima são ilustradas através da **Figura 36**.

Figura 36 – Representação das peças.



Fonte: Empresa Z (2018).

Além das informações descritas nas figuras anteriores, outras informações são fornecidas no projeto, como a carga máxima admissível no escoramento, a espessura que a laje deve possuir, os reforços a serem adotados em vigas faixas e capitéis, carga admissível por escora, assim como algumas outras referentes à execução do sistema de cimbramento. A **Figura 37** ilustra tais informações.

Figura 37 – Informações adicionais do projeto de cimbramento.

NOTAS:

- 1- ESTE PROJETO FOI ELABORADO PELA IMPACTO COM INFORMAÇÕES FORNECIDAS PELO CLIENTE ATRAVÉS DA PLANTA DE FORMA N.º: XXXXXXXX
- 2- FAZ-SE OBRIGATORIO LER AS INFORMAÇÕES CONTIDAS ABAIXO, ELAS FAZEM PARTE DO PROJETO;
- 3- PARA ALTERAR ESSE ESQUEMA DE MONTAGEM, CONSULTAR O SETOR TÉCNICO DA IMPACTO PARA O DIMENSIONAMENTO E POSTERIOR REVISÃO DO LAY-OUT.
- 4- CIMBRAMENTO DEVERÁ SER TRAVADO, DURANTE A MONTAGEM, NAS FORMAS DOS PILARES E NOS PAINÉIS DAS VIGAS.
- 5- CARGA MÁXIMA ADMISSÍVEL NO CIMBRAMENTO: 625Kg/m².
- 6- CIMBRAMENTO DIMENSIONADO PARA LAJE MACIÇA DE 20cm DE ESPESSURA . .
- 7- É OBRIGATÓRIO FAZER O REFORÇO EXTRA EM VIGAS FAIXAS >= 25cm DE ESPESSURA E LARGURA >= 1,22m COMO TAMBÉM EM CAPITÉIS. (VER DETALHE PROJETO)
- 8- DURANTE A MONTAGEM, CASO HAJA NECESSIDADE DE ESTOCAGEM DE QUALQUER MATERIAL SOBRE O CIMBRAMENTO COM UTILIZAÇÃO DE GRUAS, DEVERÁ SER EVITADO QUALQUER ESFORÇO HORIZONTAL NESTA OPERAÇÃO, DEVENDO O SISTEMA DE ESCORAMENTO ESTAR CONTRAVENTADO NOS DOIS SENTIDOS.
- 9- AS FORMAS DO FUNDO DAS VIGAS DE CONCRETO DEVERÃO SER DIMENSIONADAS PARA RESISTIR AO ESPAÇAMENTO DAS VIGAS SECUNDÁRIAS
- 10- NA CONCRETAGEM DEVERÁ SER EVITADO O ACÚMULO DE CONCRETO DE FORMA QUE NÃO SEJA ULTRAPASSADA A CARGA ADMISSÍVEL DO SISTEMA.
- 11- ESCORAS E/OU TORRES É DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DO CLIENTE:
 - 11.1 - CARGA ADMISSÍVEL POR ESCORA =1200,00Kg.
 - 11.2 - PARA PÉ DIREITO >= 3,20 m, É OBRIGATÓRIO O TRAVAMENTO DAS ESCORAS E/OU TORRES ENTRE SI, PRINCIPALMENTE QUANDO AS MESMAS ESTIVEREM APOIADAS NO TERRENO NATURAL E EM PLANO INCLINADO.
 - 11.3 - SEMPRE QUE EXISTIR PÉ DIREITO DUPLO, É OBRIGATÓRIO O USO DAS TORRES, E AS MESMAS DEVEM SER TRAVADAS ENTRE SI.
 - 11.4 - POR SEGURANÇA, É OBRIGATÓRIO QUE A FLAUTA FIQUE NO MÍNIMO 30cm PARA DENTRO DA ESCORA.
 - 11.5 - O ESCORAMENTO DEVE SER ASSENTADO EM APOIOS FIRMES, PRANÇÕES PARA MELHOR DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS OU BASES DE DE CONCRETO.
- 12- PARA TRAVAMENTO E SEGURANÇA DO SISTEMA DE CIMBRAMENTO METÁLICO, APÓS O ENCAIXE DA LONGARINA DE DISTRIBUIÇÃO (LD), É OBRIGATÓRIO O USO DO FERRO DE TRAVAMENTO EM TODAS AS CABEÇAS COM FIM (VER DETALHES).
- 13- TODAS AS MEDIDAS ESTÃO EM CENTÍMETROS.
- 14 - TODO MADEIRAMENTO QUE SE FAÇA NECESSÁRIO É DE INTEIRA RESPONSABILIDADE DO CLIENTE.
- 15 - NO CIMBRAMENTO IMPACTO, É OBRIGATORIO A UTILIZAÇÃO DO ACESSÓRIO DE TRAVAMENTO{TARUGO} EM TODAS AS CAIXAS PLÁSTICAS.

Fonte: Empresa Z (2018).

Analisando o projeto e comparando os requisitos exigidos pela norma ABNT NBR 15696:2009 com os informados no projeto da Empresa Z, foi possível elaborar o **Quadro 2**.

Quadro 2 – Comparação entre a Norma ABNT NBR 15696:2009 e o projeto de cimbramento.

Informações	ABNT NBR 15696:2009	Projeto Empresa Z
Especificação das cargas admissíveis dos equipamentos utilizados	✓	✓
Definição do posicionamento dos elementos utilizados	✓	✓
Definição das cargas nas bases de apoio	✓	✓
Plantas, cortes e vistas	✓	✓

Fonte: Autor (2019).

Portanto, através do **Quadro 2**, observa-se que todos os requisitos exigidos pela norma ABNT NBR 15696:2009, referentes ao projeto de cimbramento, foram atendidos.

As cargas admissíveis e a definição das cargas nas bases de apoio são informadas, conforme se observa na **Figura 37**, enquanto o posicionamento dos elementos está ilustrado através pelas Figuras 33 e 34, e a vista está representada pela **Figura 34**.

O projeto também está adequado à ABNT NBR 14931:2004, a qual estabelece que devem ser seguidas as instruções do fornecedor das escoras metálicas e devem ser consideradas a deformação e flambagem dos materiais e as vibrações aos quais o sistema estará sujeito.

3.2.3 Aspectos Relativos ao Projeto de Reescoramento

A Construtora X, conforme a ABNT (2009), é responsável pelo projeto de reescoramento. Contudo, não foi desenvolvido este projeto, mas devido à sua vasta experiência com execução de obras, ficam responsáveis, o mestre de obra e o engenheiro da obra, pela execução do escoramento remanescente. Além disso, o Escritório Y fornece as orientações necessárias referentes ao reescoramento da estrutura.

Mesmo sem o projeto, são cumpridos os requisitos mínimos exigidos pela norma citada anteriormente, os quais são:

- sobrecarga de utilização dos pavimentos, no processo evolutivo das concretagens e demais etapas executivas de obra não inferior a 1 kN/m^2 ;
- as distâncias máximas recomendadas para posicionamento dos elementos verticais de suporte são $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$.

3.2.4 Aspectos Relativos à Execução

De posse dos projetos de estrutura e dos sistemas de fôrmas e cimbramento, a equipe responsável pela execução da obra é capaz de iniciar a execução da estrutura do prédio. Em cada pavimento tipo, o início da montagem do sistema de fôrmas se dá pela montagem das fôrmas dos pilares, conforme se observa através da **Figura 38**.

Figura 38 – Montagem de fôrmas de pilares.



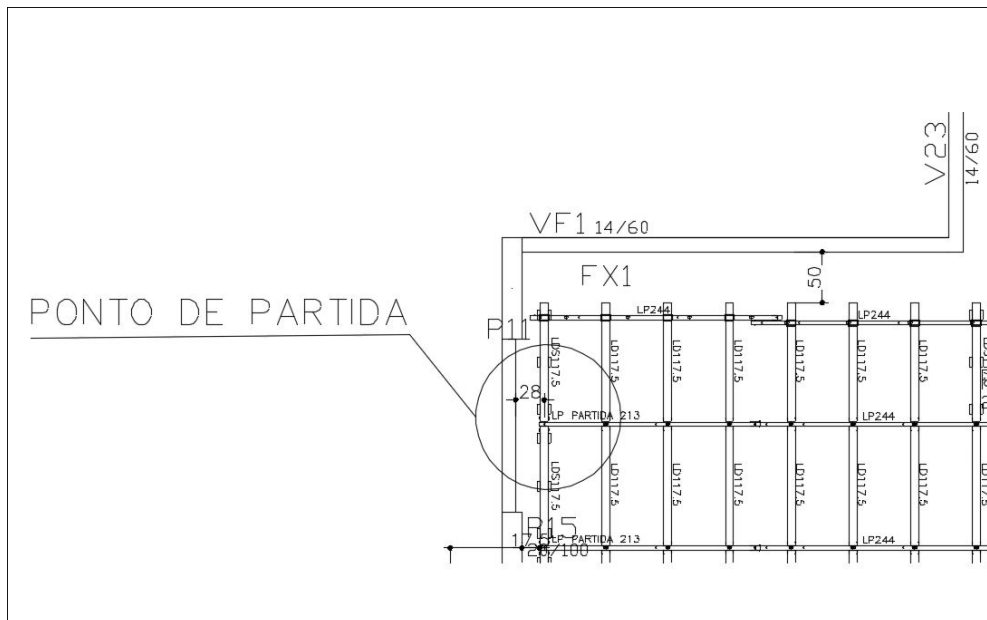
Fonte: Autor (2019).

Após a montagem de todas as fôrmas dos pilares, realiza-se a execução do sistema de cimbramento das vigas, seguido da montagem de suas fôrmas, para que posteriormente seja executada a montagem do sistema de escoramento das lajes e, finalmente, de suas fôrmas. Desta forma, a estrutura está pronta para receber as armaduras e em seguida ser concretada. A concretagem de todos os elementos estruturais é realizada de uma única vez, através de concreto usinado. Desta forma, evita-se a utilização de betoneira no canteiro.

Para a montagem do sistema de cimbramento, segue-se o projeto e também as orientações recomendadas pela empresa responsável pelo projeto deste sistema (Empresa Z). Além disso, a mesma realiza um treinamento para os funcionários da Construtora X, responsáveis pela sua execução.

De posse do projeto de escoramento, conforme recomenda a ABNT (2009), os funcionários iniciam a montagem do sistema, sempre em cada pavimento, a partir do mesmo ponto, denominado de ponto de partida, observando as distâncias informadas no projeto. A **Figura 39** ilustra o ponto de partida.

Figura 39 – Ponto de partida da montagem das fôrmas.



Fonte: Empresa Z (2018).

A Figura 40 ilustra o início da montagem do cimbramento. Observa-se através da figura abaixo que são utilizadas as escoras tubulares.

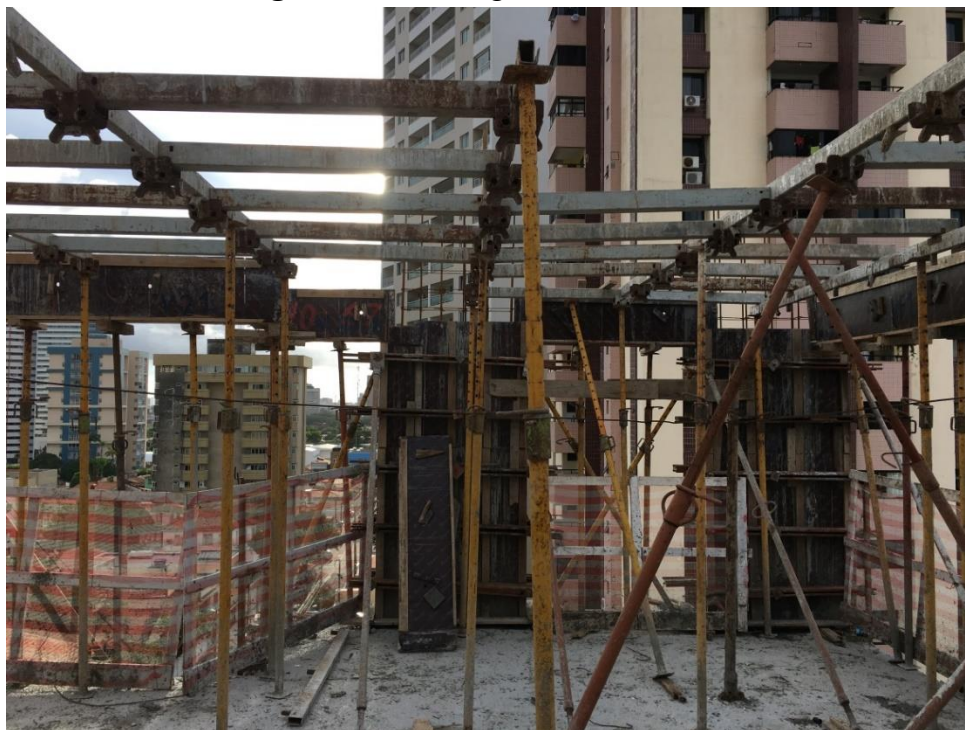
Figura 40 – Início da montagem do cimbramento.



Fonte: Autor (2019).

A Figura 41 ilustra a sequência de montagem das escoras.

Figura 41 – Montagem das escoras.



Fonte: Autor (2019).

Conforme a ABNT (2004), as posições e condições estruturais do escoramento devem ser conferidas, de modo que as dimensões e posições das fôrmas sejam mantidas conforme o projeto e também permitam o tráfego de equipamentos e das equipes de trabalho para a posterior concretagem, com segurança.

Após a montagem do cimbramento do pavimento, o procedimento seguinte é a montagem do sistema de fôrmas e, conforme dito anteriormente, a Construtora X possui o sistema de gestão PBQP-H, que serve para acompanhar a execução dos serviços da obra. Incluso nestes serviços está o de montagem do sistema de fôrmas e retirada de escoramento. O controle pelo sistema PBQP-H se dá pelo acompanhamento de dois documentos, o Procedimento de Execução de Serviço (PES 004 Rev01) – Anexo A e a Ficha de Verificação de Serviço (FVS Form. 023) – Anexo B, ambos elaborados pela Construtora X.

O PES 004 Rev01 lista os seguintes itens:

1. Equipamentos de produção;
2. Equipamentos de segurança;
3. Documentos de referência;
4. Procedimentos de execução;
5. Preservação do serviço acabado;
6. Identificação e tratamento de riscos;
7. Controle de registros;
8. Controle de revisões;
9. Assinaturas.

O item 4.5 (Montagem de fôrmas – Lajes) possui as seguintes orientações para a montagem das fôrmas das lajes, visto que de pilares e vigas não serão objetos deste estudo:

1. Passar desmoldante nas faces internas das formas com rolo ou similar;
2. Lançar e pregar o assoalho da laje nos sarrafos laterais das formas de vigas, previamente escorados. Este encontro de peças deve ser perfeito, sem folga;
3. Pregar o restante do assoalho nos barrotes;
4. Nivelar os panos de laje ajustando-se a altura do sistema de escoramento de apoio da forma e garantir sua estanqueidade;
5. Prever proteção na periferia das formas contra a queda de materiais e de pessoas;
6. Deixar contra flecha conforme projeto;
7. Realizar verificação da execução do serviço de montagem de forma (Form.023).

Além de todas estas orientações, no caso do Sistema Pavplus, deve-se também instalar as cubetas no sentido correto, conforme indicado pela **Figura 28**.

A **Figura 42** ilustra o início do posicionamento das fôrmas.

Figura 42 – Montagem das fôrmas.



Fonte: Autor (2019).

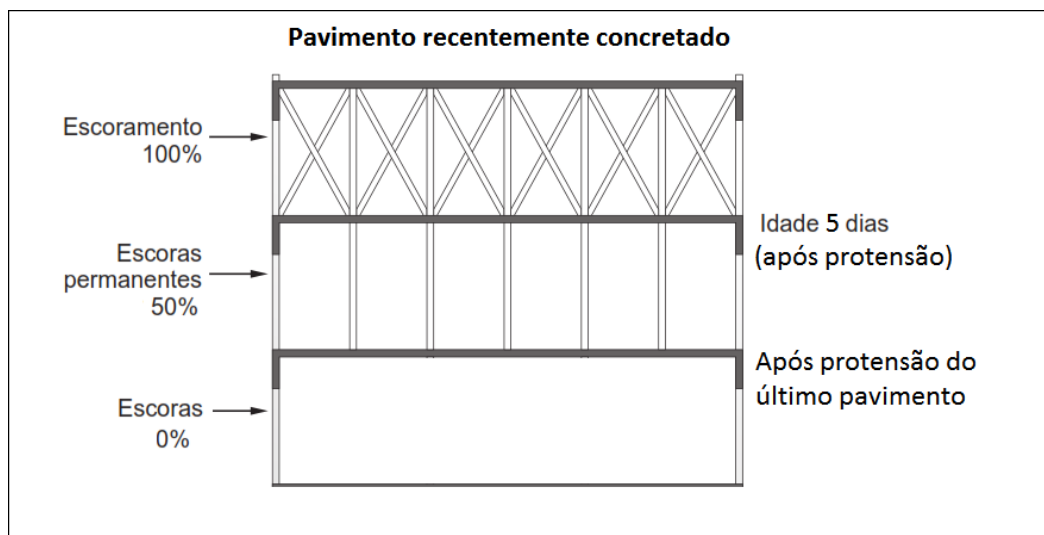
Após a finalização da montagem do sistema de fôrmas, inicia-se a montagem das armaduras das lajes e vigas e, em seguida, procede-se com a concretagem das estruturas. São retirados corpos de provas de concreto, conforme exigências da norma ABNT NBR 5738:2016 e, decorridos aproximadamente 5 dias, consulta-se a empresa responsável pelos ensaios do concreto. Caso a resistência característica do concreto já tenha atingido os 21 MPa e o módulo de elasticidade alcançado 11 GPa, realiza-se a protensão dos cabos. Caso contrário, espera-se até que este valor seja atingido. Esta informação está no projeto estrutural, conforme Figuras 25 e 26.

Após a protensão, procede-se com o reescoramento, que é a retirada de algumas escoras, restando então aproximadamente 50% do escoramento inicial. A retirada total do escoramento é realizada quando o 2º pavimento superior a este houver sido protendido, visto que o pavimento atual ainda terá

de suportar as cargas de materiais (fôrmas, aço, escoras) e pessoas.

A **Figura 43** ilustra como se procede o reescoramento.

Figura 43 – Procedimento de reescoramento.



Fonte: Autor (2019).

O **Quadro 3** resume os requisitos e os procedimentos adotados para o reescoramento:

Quadro 3 – Requisitos para o reescoramento.

Requisitos	Procedimentos
$f_{ck} \geq 21\text{MPa}$	Protensão
$f_{ck} \geq 21\text{MPa} + \text{Protensão}$	Retirada de 50% do escoramento (reescoramento)
2º pavimento superior protendido	Retirada total do escoramento

Fonte: Autor (2019).

A retirada das fôrmas inicia-se após a protensão do pavimento ter sido realizada, iniciando-se pelas fôrmas das vigas e posteriormente das lajes.

3.3 Considerações sobre o caso

Através do presente trabalho, verificou-se que os projetos de estrutura e de cimbramento apresentam as informações exigidas nas normas relacionadas. Já o projeto do sistema de fôrmas, atendeu quase que totalmente às normas de referência (ABNT NBR 15696:2009 e 14931:2004). O único item não atendido foi:

- critérios referentes ao projeto do sistema de fôrmas (pressão do concreto, velocidade de lançamento, altura de concretagem e de vibração, consistência do concreto, metodologia de lançamento).

Além disso, a execução dos sistemas foi realizada sempre de acordo com os projetos, PES e FVS relacionados às atividades, garantindo um resultado com qualidade e atendendo aos requisitos exigidos pelas normas.

O projeto de reescoramento não foi desenvolvido pela Construtora X, seguindo-se, porém, as orientações do responsável pelo projeto estrutural.

3.4 Sugestões e Orientações

Com base na revisão da literatura e na obra apresentada, foram fornecidas algumas orientações quanto às informações necessárias para quando da contratação do projeto estrutural de uma edificação:

- valor mínimo de resistência à compressão do concreto (f_{ck}), para que o escoramento possa ser removido totalmente;
- valor mínimo de resistência à compressão do concreto ($f_{ck,i}$), para que as fôrmas sejam retiradas e se executem a protensão e o reescoramento;
- valor mínimo do módulo de elasticidade do concreto (E_{cs}), para que haja a retirada do cimbramento;
- valor mínimo do módulo de elasticidade do concreto (E_{ci}), para que as fôrmas sejam retiradas e se executem a protensão e o reescoramento.

Com relação aos projetos de fôrmas e escoramento, os seguintes elementos devem ser exigidos:

- especificação dos materiais utilizados;
- definição do posicionamento dos elementos utilizados;
- critérios adotados para o dimensionamento da fôrma (pressão do concreto, altura de concretagem, metodologia de lançamento, etc);
- plantas, cortes e vistas;
- cargas adotadas;
- especificação das cargas admissíveis dos equipamentos utilizados;
- definição das cargas nas bases de apoio das escoras;
- deformação e flambagem dos materiais, assim como as vibrações a que o escoramento estará sujeito.

O Quadro 4 a seguir ilustra um resumo do que foi descrito acima:

Quadro 4 – Informações necessárias aos projetos

Projeto	Informações necessárias
Estrutural	$f_{ck,i}$ e f_{ck} (resistência à compressão do concreto)
	E_{ci} e E_{cs} (módulo de elasticidade do concreto)
Fôrmas	especificação dos materiais utilizados
	definição do posicionamento dos elementos utilizados
	pressão do concreto, altura de concretagem, metodologia de lançamento
	plantas, cortes e vistas
Cimbramento	definição do posicionamento dos elementos utilizados
	plantas, cortes e vistas
	especificação das cargas admissíveis dos equipamentos utilizados
	definição das cargas nas bases de apoio das escoras
	deformação e flambagem dos materiais, assim como as vibrações a que o escoramento estará sujeito

Fonte: Autor (2019).

Já para a execução destes sistemas, as seguintes orientações podem ser bastante úteis:

- execução do sistema de fôrmas e escoramentos deve ser realizada mediante a utilização de um projeto específico de fôrmas e escoramentos;
- para o escoramento, devem ser seguidas as instruções do fornecedor responsável pelo sistema;
- fôrmas estanques e dispostas de modo a manter o formato e a posição durante toda sua utilização;
- é recomendado existir um procedimento de execução de serviço para a realização destes sistemas, gerando um controle de qualidade dos mesmos;
- o controle da execução dos sistemas, através de uma ficha de verificação dos serviços, auxilia na garantia de qualidade da atividade.

Com relação à retirada total das fôrmas e do escoramento, recomenda-se:

- retirada total dos mesmos só deve se dar após o f_{ck} e o E_{cs} informados no projeto estrutural sejam atingidos;
- as fôrmas e as escoras só deverão ser removidas conforme o plano de desforma estabelecido e de maneira que não possa comprometer a segurança e o desempenho em serviço da estrutura;
- durante a retirada das escoras, a aplicação de esforços na estrutura deve ser lenta e gradual.

Com relação ao reescoramento, recomenda-se que:

- a construtora deva elaborar o projeto de escoras remanescentes;
- o projetista estrutural deve orientar como se proceder com o reescoramento.

CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho foi apresentar diretrizes para a contratação de projetos de estrutura e dos sistemas de fôrmas e cimbramento, assim como para a fiscalização da execução destes sistemas.

Foram informadas as exigências normativas assim como foram sugeridas informações que são necessárias aos projetos e à execução dos sistemas de fôrmas e cimbramento, com o intuito de serem utilizadas boas práticas, propiciando assim uma execução segura, com qualidade e mais econômica, visto que tais serviços têm um peso significativo no orçamento e no resultado da estrutura de uma obra.

Através da análise dos projetos de estrutura e dos sistemas de fôrmas e cimbramento da obra em questão, foi possível concluir que os mesmos atendem quase que totalmente às exigências das normas referentes.

As informações ausentes são referentes à pressão do concreto, velocidade de lançamento, altura de concretagem e de vibração, consistência do concreto e metodologia de lançamento, que deveriam constar no projeto de fôrmas. Tais informações são exigências normativas.

Além disso, verificou-se que não há projeto de reescoramento, o qual deveria ser elaborado pela Construtora X. Mas, com as orientações do responsável pelo projeto estrutural, os requisitos mínimos exigidos pela norma referente são atendidos.

Também foram realizadas visitas ao canteiro de obras, observando a execução dos sistemas citados acima. Foi possível observar que as atividades foram realizadas conforme orientações dos projetistas e conforme o controle de qualidade da Construtora X, através do PES e da FVS, sempre fiscalizadas por estagiários, por técnicos ou pelo mestre de obra.

Pode-se concluir que, seguindo um projeto para a execução dos

sistemas de fôrmas e cimbramentos, é de extrema importância para a empresa executora, visto que as atividades podem ser planejadas de uma forma mais simples, assim como se fará uso das quantidades corretas de escoras e fôrmas, gerando desta forma uma redução nos custos do orçamento, além de ter uma segurança maior no resultado das mesmas, através do controle de qualidade.

Conclui-se também que, como são várias as exigências normativas quanto aos projetos e execução dos sistemas de fôrmas e cimbramentos, é necessário que haja uma análise bastante criteriosa para a contratação estes projetos.

REFERÊNCIAS

AECweb. **Sistema de formas para lajes com sequência de montagem pré-definida.** Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/sistema-de-formas-para-lajes-com-sequencia-de-montagem-predefinida_3144_0_0>. Acesso em: 17 de nov. 2018.

ARAÚJO, Luís Otávio Cocito de; FREIRE, Tomás Mesquita. **Tecnologia e gestão de sistemas construtivos de edifícios.** Universidade Federal de São Carlos. Apostila da disciplina Tecnologia de produção de edificações em concreto armado. São Carlos: 2004.

ASSAHI, Paulo Nobuyoshi. **Sistemas de fôrmas para estrutura de concreto.** Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/145597100/Sistema-de-Fôrma-Para-Estrutura-de-Concreto-Texto-Paulo-Assahi-Material-Complementar>>. Acesso em: 08 de set. 2018.

Associação Brasileira de Cimento Portland. **Fôrma.** Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/34972190/5-manual-de-estruturas-de-concreto-abcp-formas>>. Acesso em: 30 de set. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR ISO 1096: Madeira compensada - Classificação.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

_____. **NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 6355: Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. **NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios.** Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. **NBR 14229: Ligas de alumínio - Perfis extrudados sólidos ou tubulares para fins estruturais - Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. **NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio.** Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

_____. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

_____. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.** Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

Atex Brasil. **Cimbramento e Escoramento – Diferenças e conceitos.** Disponível em: <<http://www.atex.com.br/blog/laje/cimbramento-escoramento-conceitos>>. Acesso em: 20 de set. 2018.

BARCELOS, Carlos Antonio Andrade. **Cimbramento para estruturas de concreto armado.** 29 f. Brasília: Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Católica de Brasília, 2014.

CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; BRAZOLIN, S. **Madeiras na construção civil.** IBRACON. (Org.). Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. Anais. São Paulo: 2007.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Balanco 2017.** Disponível em: <<https://cbic.org.br/balanco-2017-cbic-aponta-retracao-de-6-no-setor>>. Acesso em: 03 de nov. 2018.

Companhia Estadual de Habitação e Obras Públicas (CEHOP). **Cimbramentos de grandes estruturas.** Disponível em: <<http://187.17.2.135/orse/esp/ES00062.pdf>>. Acesso em: 4 de out. 2018.

CARMO, Eduardo João Zanotto do. **Fôrmas e escoramentos.** 61 f. Itatiba: Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade São Francisco, 2007.

COSTA, Carlyne Pomi Diniz. **Formas para construção civil e suas**

aplicações. 98 f. Belo Horizonte: Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

Essencial Equipamentos. **Travamento de forma.** Disponível em: <<https://www.essencialequipamentos.com/products/barra-de-ancoragem>>. Acesso em: 30 de set. 2018.

FAJERSZTAJN, H. **Formas para concreto armado:** aplicação para o caso do edifício. São Paulo: Tese de Doutorado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1987.

FLECK, Verônica Chaves. **Sistema de fôrmas:** análise comparativa entre os sistemas fôrmas voadoras e convencional na execução de estruturas em concreto armado. 79 f. Porto Alegre: Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

Fokintec. **Escoramento metálico.** Disponível em: <<http://www.fokintec.com.br/locacao.php>>. Acesso em: 5 de dez. 2018.

FUSCO, Péricles Brasiense; ONISHI, Minoru. **Introdução à engenharia de estruturas de concreto.** São Paulo. Cengage Learning. 2017.

Impacto Protensão. **Laje nervurada.** Disponível em: <<http://impactoprotensao.com.br/servicos/formas>>. Acesso em: 18 de set. 2018.

Madeira Tratada.com. **Cimbramento em madeira.** Disponível em: <<http://www.madeiratratada.com/br/madeira-tratada/varas-de-eucalipto>>.

Acesso em: 30 de nov. 2018.

Madeira Madecal. **Compensado resinado**. Disponível em: <<http://www.madecalmadeiras.com.br/produto/compensado-resinado-fenolico>>. Acesso em: 05 de dez. 2018.

MAGNAGNO, Luiz Carlos. **Análise entre os sistemas de fôrma e escoramento para execução de pilares e lajes na cidade de Curitiba - PR**. 67 f. Curitiba: Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tuiuti do Paraná, 2014.

MaisEngenharia. **Boas práticas para gerar planta de forma**. Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/estrutural/boas-praticas-para-gerar-planta-de-forma>>. Acesso em: 9 de mar. 2019.

MARANHÃO, George Magalhães. **Fôrmas para concreto**: subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97. 226 f. São Carlos: Dissertação de Mestrado – Universidade de São Paulo, 2000.

MORIKAWA, Mauro Satoshi. **Materiais alternativos utilizados em fôrmas para concreto armado**. 137 f. Campinas: Dissertação de Mestrado - Unicamp, 2003.

NEIVA NETO, Romeu da Silva. **O projeto da produção de fôrmas para estrutura de concreto armado incorporando BIM**. 154 f. Campinas: Dissertação de Mestrado - Unicamp, 2014.

NOGUEIRA, Joaquim Antônio Caracas et al. **Sistema de fôrmas plásticas**

para lajes de concreto. Revista Concreto Ibracon, 14 maio 2015. Disponível em: <<https://www.trabalhosfeitos.com/ensaios/Revista-Concreto-Ibracon-70-Sistema-de/73121533.html>>. Acesso em: 6 ago. 2018.

Orguel. **Escoramento torre.** Disponível em: <<http://www.grupoorguel.com.br/equipamentos/escoramento/escoramento-torre>>. Acesso em: 1 dez. 2018.

PFEIL, Walter. **Concreto Protendido.** Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. 1984.

PFEIL, Walter. **Cimbramentos.** Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos. 1987.

Pró-Reitoria de Planejamento, Orçamento e Desenvolvimento Institucional (Proplan) – Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL). **Montagem de formas.** – MG. Disponível em: <<https://www.unifal-mg.edu.br/planejamento/pocos-caldas-predio-g>>. Acesso em: 17 de out. 2018.

REZENDE, Rômulo Barbosa. **Uma visão sobre o uso de fôrmas e escoramentos em cidades de grande, médio e pequeno porte no Brasil Central e as novas diretrizes normativas.** Uberlândia: Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

SANTOS, José Sérgio dos. **Desconstruindo o projeto estrutural de edifícios:** concreto armado e protendido. São Paulo. Oficina de Textos. 2017.

SCHSSOLER, Rodrigo Teixeira. **Análise dos esforços em lajes de concreto armado devido o carregamento transmitido pelas escoras no período de construção de uma edificação.** 107 f. Santa Maria: Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Maria, 2016.

SOUZA, U. E. L., **O uso do plástico nas fôrmas para estruturas de concreto de edifícios,** Anais do II Encontro Tecnológico de sistemas plásticos na construção civil, 1997, São Paulo. p181-218.

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. **Laje nervurada.** Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?tag=laje-nervurada>>. Acesso em: 4 de out. 2018.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. **Laje maciça.** Disponível em: <<http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/laje-macica>>. Acesso em: 03 de nov. 2018.

Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás). **Aula 9: Cimbramento e formas.** Disciplina de Construção Civil I. Disponível em: <https://www.slideshare.net/Alex_123456/aula-9-formasescoras>. Acesso em: 01 de nov. 2018.

ZORZI, Antônio Carlos. **Sistema de Fôrmas para Edifícios.** 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2015.

ANEXO A – PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DE SERVIÇO (PES 004 REV01)

	PROCEDIMENTO DE EXECUÇÃO DE SERVIÇO EXECUÇÃO DE FORMAS	PES 004 Rev 01 Pág: 1 de 4
--	---	--------------------------------------

1. Equipamentos de Produção

- 1.1 Trena metálica
- 1.2 Serra de bancada com proteção para disco de corte
- 1.3 Serra circular manual, com disco de corte para madeira.
- 1.4 Martelo
- 1.5 Mangueira de nível
- 1.6 Serrote
- 1.7 Esquadro
- 1.8 Prumo de face
- 1.9 Prumo de centro
- 1.10 Furadeira

2. Equipamentos de Segurança

- 2.1 Capacete
- 2.2 Luvas
- 2.3 Óculos
- 2.4 Bota
- 2.5 Uniforme
- 2.6 Cinto de Segurança
- 2.7 Protetor facial
- 2.8 Protetor auricular
- 2.9 Avental de couro

3. Documentos de Referência

- 3.1 Projeto Executivo

4. PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO

Item	Atividade	Responsável
4.1	Condições para início do serviço	
4.1.1	Verificar as medidas das peças conforme especificação do projeto e solicitar a confecção dos painéis em função do seu tamanho e peso.	Encarregado
4.2	Confecção de fôrmas	
4.2.1	Entregar a ordem de serviço para a equipe de produção.	Encarregado
4.2.2	Cortar e estruturar os painéis.	Carpinteiro
4.2.3	Identificar os painéis com a numeração prevista no projeto para edificações com lajes tipo.	Carpinteiro
4.2.4	Estocar os painéis em área limpa, arejada e protegida da ação do sol e da chuva, quando possível.	Carpinteiro
4.2.5	A estocagem deve ser feita empilhando-se as peças na posição horizontal sobre vigotas de madeira, separada por tipos de painéis (pilares, vigas, lajes).	Carpinteiro
4.2.6	Manter a central de produção constantemente limpa e organizada.	Equipe da Carpintaria

CONSTRUTORA X

Item	Atividade	Responsável
4.3	Montagem de fôrmas – Pilares	
4.3.1	Passar desmoldante nas faces internas das formas com rolo ou similar.	Servente
4.3.2	A montagem deve ser feita no local de aplicação. As formas devem ser travadas e estanques.	Carpinteiro
4.3.3	Nivelar e aprumar o conjunto.	Carpinteiro
4.3.4	Travar e escorar o conjunto.	Carpinteiro
4.3.5	O Tensor utilizado para travamento das laterais do pilar deve ser embutido em eletroduto rígido, se necessário.	Carpinteiro
4.3.6	Realizar verificação da execução do serviço de montagem de forma (Form.023)	Encarregado
4.4	Montagem de fôrmas - Vigas	
4.4.1	Passar desmoldante nas faces internas das formas com rolo ou similar	Servente
4.4.2	Lançar e pregar os fundos de viga entre as cabeças dos pilares, seguindo o alinhamento definido.	Carpinteiro
4.4.3	Colocar e pregar o sistema de escoramento embaixo do fundo da viga, ajustando sua altura conforme projeto.	Carpinteiro
4.4.4	Montar a lateral interna da forma sobre o fundo da viga	Carpinteiro
4.4.5	Colocar a ferragem com espaçadores	Ferreiro
4.4.6	Fazer o fechamento e travamento das laterais das vigas	Carpinteiro
4.4.7	Todo o sistema de escoramento posicionado no vão deve estar aprumado e alinhado.	Carpinteiro
4.4.8	Montar a lateral externa da forma sobre o fundo da viga	Carpinteiro
4.4.8	Garantir o nivelamento, o prumo e a estanqueidade do conjunto.	Carpinteiro
4.4.9	O Tensor utilizado para travamento das laterais da viga deve ser colocado em peças com altura superior a 25 cm e embutido em eletroduto rígido se necessário.	Carpinteiro
4.4.10	Realizar verificação da execução do serviço de montagem de forma (Form.023)	Encarregado
4.5	Montagem de fôrmas – Lajes	
4.5.1	Passar desmoldante nas faces internas das formas com rolo ou similar	Servente
4.5.2	Lançar e pregar o assoalho da laje nos sarrafos laterais das formas de vigas, previamente escorados. Este encontro de peças deve ser perfeito, sem folga.	Carpinteiro
4.5.3	Pregar o restante do assoalho nos barrotes.	Carpinteiro
4.5.4	Nivelar os panos de laje ajustando-se a altura do sistema de escoramento de apoio da forma e garantir sua estanqueidade.	Carpinteiro
4.5.5	Prever proteção na periferia das formas contra a queda de materiais e de pessoas.	Engenheiro / Encarregado
4.5.6	Deixar contra flecha conforme projeto.	Encarregado
4.5.7	Realizar verificação da execução do serviço de montagem de forma (Form.023)	Encarregado

 CONSTRUTORA X

Item	Atividade	Responsável
4.6	Processo de desforma	
4.6.1	Retirar tensores e travamentos	Carpinteiro
4.6.2	Retirar os painéis de acordo com a tabela (01)	Carpinteiro
4.6.3	Utilizar cunhas de madeira e pé-de-cabra para a desforma dos painéis	Carpinteiro
4.6.4	Retirar fundo de vigas e lajes após cinco após a protensão das cordoalhas, mantendo o escoramento em pelo menos 50% do escoramento original até 28 dias.	Carpinteiro
4.6.5	Realizar verificação da execução do serviço de desforma (Form. 023)	Encarregado

TABELA (01)

Prazos para Desforma e Retirada do Escoramento			
PEÇA	Painéis		Retirada Escoramento
	Laterais	Fundo	
Pilar	03 dias	-	03 dias
Viga	03 dias	14 dias*	14 dias*
Laje	-	14 dias*	14 dias*

* Retirada Total (Com 7 dias retirar 50% do escoramento)

5. Preservação do serviço acabado

5.1. Depois de fabricada a forma deve ser identificada e armazenada em local adequado.

6. Identificação e tratamento de riscos

Riscos	Tratamento
Dimensões do elemento estrutural	Conferir com o projeto as dimensões do elemento estrutural.
Forma desnivelada.	Conferir o nivelamento da forma.
Rompimento da forma	Chechagem do escoramento e verificação da necessidade de contra flecha e barrote.

7. Controle de Registros:

Identif.	Descrição	Arquivamento		Acesso	Indexação	Tempo de Arquivo	Descarte do Registro
		Local	Forma				
Form. 023	Ficha de verificação de serviço Execução de Forma	Escritório da Obra	Pasta	Livre	Por Data	Até a conclusão da obra	Arquivo Geral por 05 anos, depois destruir.

8. Controle de Revisões:

REVISÃO	DATA	ALTERAÇÃO
00	01/03/2017	EMIÇÃO
01	03/12/2018	ADEQUAÇÃO REGIMENTO SIAC 2018, INCLUSÃO DAS ANÁLISES DE RISCO

PES 004

Página 4 de 4

9. Assinaturas:

Engenharia	Diretor
Data da Elaboração: 03/12/2018	Data da Aprovação: 03/12/2018

CONSTRUTORA X

ANEXO B – FICHA DE VERIFICAÇÃO DE SERVIÇO (FVS FORM. 023)

FVS - Ficha de Verificação de Serviço																							
Obra: RESIDENCIAL . . .										Localização: PAVIMENTO 1													
Verificação do Serviço: EXECUÇÃO DE FÔRMA										LOCAIS / RESULTADOS DA INSPEÇÃO													
Etapa	Item	Método	Parâmetro	Tolerância	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17		
Verificação dos recursos	Equipamentos de produção	1	-	-																			
	Equipamentos de segurança	1	-	-																			
Verificação das condições iniciais	Dimensões das peças	2	Projeto	± 10 mm																			
	Identificação dos painéis	1	-	-																			
Execução do serviço	Dimensões dos painéis	2	Projeto	± 10 mm																			
	Limpeza e aplicação do desmoldante	1	-	-																			
	Alinhamento	2	Projeto	± 10 mm																			
	Prumo	2	Projeto	± 5 mm																			
	Travamento e escoramento	1	-	-																			
	Estanqueidade	1	-	-																			
	Contra-flexa	2	Projeto	± 10 mm																			
				Visto																			
OCORRÊNCIA DE NÃO CONFORMIDADE E TRATAMENTO																							
Nº	Descrição do Problema									Solução Proposta													
Liberado por:										Engº :						Data Abertura:				Data de Fechamento:			
Legenda:										Métodos:													
A – Aprovado R – Reprovado AR – Aprovado após reinspeção Em branco – não concluído NA – Não Aplicável										1- Aferição Visual 2- Aferição com equipamentos 3- Aferição através de ensaios													
Equipe:																							

Fonte: Construtora X (2019).