

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**IVONEIDE ROSILDA DA SILVA**

**VERIFICAÇÃO DAS VANTAGENS DE SE UTILIZAR PROJETOS DE  
ESCORAMENTOS E FORMA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

**JOÃO PESSOA/ PB**

**2016**

**IVONEIDE ROSILDA DA SILVA**

**VERIFICAÇÃO DAS VANTAGENS DE SE UTILIZAR PROJETOS DE  
ESCORAMENTOS E FORMA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC apresentado a  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade  
Federal da Paraíba como requisito para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof. Dr. Enildo Tales Ferreira

JOÃO PESSOA/ PB

2016

Ao Prof. Enildo Tales e ao Engenheiro Civil Resende de Sá, Enildo, pela paciência, esperança, confiança, entusiasmo e motivação com que orientou esse trabalho, Resende, pelas conversas esclarecedoras, pelas informações transmitidas sobre a vida profissional, e ambos por se alegrarem com cada degrau conquistado.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por todas as conquistas que obtive até aqui e que sem Ele não seria possível.

A minha família que é minha fundação e me mantém sempre firme, que se uniu cada vez que necessitei de apoio e que vibra com cada vitória alcançada, em especial meu irmão Isael Pedro.

Ao meu professor Enildo Tales, pela orientação, dedicação, atenção, e principalmente pela humildade transmitida no decorrer do trabalho e ao Engenheiro Resende de Sá, por todas as informações práticas a respeito do tema, disponibilidade de material e interesse em ajudar.

Aos meus amigos irmãos que acreditaram em mim e no meu potencial desde antes do curso, Rafaelle Dantas, Andressa Mendes, Mellisa Rodrigues, Ester Medeiros, Alerson Vicente, André Sampaio e Ana Cláudia Francisca do Nascimento. Também aos amigos que fiz durante a graduação que foram e são verdadeiros parceiros profissionais e jamais foram concorrentes.

E a todos os professores do curso que contribuíram para a minha formação profissional transmitindo seus conhecimentos da melhor forma que encontraram.

"Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível."

(Charles Chaplin)

## RESUMO

Escoramento e fôrmas são estruturas provisórias, que compõem uma edificação em concreto armado, portanto necessitam também de dimensionamento e cálculos precisos determinados por profissionais habilitados da engenharia civil, ou seja, há a necessidade de se realizar projeto durante a etapa de planejamento, de forma a atenuar possíveis problemas na fase executiva da obra. Essas estruturas provisórias, que podem ser de madeira, metálicas, fôrmas plásticas, e até mesmo a combinação (fôrmas mistas) tem a função de moldar as estruturas de concreto no estado fresco e suportar as cargas provenientes da fase de concretagem das peças estruturais (lançamento do concreto, vibração) até que essas se solidifiquem. Em obras na construção civil de médio e pequeno porte, e com menor intensidade em obras de grande porte, é uma prática comum executar a etapa de escoramentos e fôrmas de acordo com a experiência profissional de encarregados, mestres de obras ou do engenheiro civil de execução (gestor da obra), acreditando que apenas a experiência é suficiente para estimar com segurança as dimensões destes elementos e assim garantir a estabilidade a essas estruturas provisórias. Desse modo tem se verificado algumas vezes subdimensionamento nas seções dos elementos que compõem essa estrutura provisória levando a instabilidade da obra ou a superdimensionamento proporcionando um encarecimento no custo dessa etapa da edificação. Assim o propósito deste trabalho é verificar as vantagens de se utilizar projetos de escoramentos e formas elaborados por engenheiros especializados. Foi possível comprovar por estudo de caso que os projetos estimados, por estabelecerem os mesmos critérios para diferentes configurações de obra, acabam sendo superdimensionados, o que apesar de estar a favor da segurança da estrutura, encarece essa etapa da obra.

**Palavras-chave:** Concreto, Escoramento, Fôrmas, Dimensionamento, Projeto, Estrutura provisória.

## **ABSTRACT**

Shoring and forms are temporary structures, which make up a building in reinforced concrete, so they also require precise sizing and calculations determined by qualified civil engineering professionals, that is, there is a need to carry out a project during the planning stage, in order to mitigate possible problems in the executive phase of the work. These temporary structures, which can be of wood, metal, plastic forms, and even the combination (mixed forms) have the function of molding the concrete structures in the fresh state and supporting the loads coming from the concreting phase of the structural parts (concrete, vibration) until they solidify. In works in the civil construction of medium and small size, and with less intensity in large works, it is a common practice to carry out the step of shoring and forms according to the professional experience of managers, masters of works or of the civil engineer of execution (Manager of the work), believing that only experience is sufficient to safely estimate the dimensions of these elements and thus ensure stability to these temporary structures. In this way, there has sometimes been under-dimensioning in the sections of the elements that make up this provisional structure, leading to the instability of the work or over-dimensioning, providing an increase in the cost of this stage of the building. Thus the purpose of this work is to verify the advantages of using projects of shoring and shapes elaborated by specialized engineers. It was possible to prove by case study that the estimated projects, by establishing the same criteria for different job configurations, end up being oversized, which, despite being in favor of the safety of the structure, makes this stage of the work more expensive.

**Keywords:** Concrete, Shoring, Forms, Sizing, Project, Provisional structure

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Formas Plásticas -1° laje de concreto .....	15
Figura 2- Forma de papelão em pilar circular .....	15
Figura 3- Painéis de aço para estrutura de concreto .....	15
Figura 4- Painéis de alumínio para estruturas de concreto .....	15
Figura 5- Fixação do assoalho em chapas compensadas resinadas .....	15
Figura 6- Disposição da chapa de madeira sobre as longarinas metálicas .....	15
Figura 7- Forma de tábuas de madeira utilizada em vigas .....	20
Figura 8- Escoras de escalipto .....	21
Figura 9- Escoras metálicas para laje de concreto .....	21
Figura 10- Escora metálica .....	22
Figura 11- Escoramento para lajes em vigas metálicas .....	23
Figura 12- Aprumador, Sargento-Cruzeta e Cruzeta, respectivamente .....	24
Figura 13- Exemplo de torre metálica .....	24
Figura 14- Escoramento com torres metálicas .....	25
Figura 15- Tripés metálicos .....	26
Figura 16- Cabeçal simples, misto e duplo respectivamente .....	15
Figura 17- Presilha e barra de ancoragem .....	27
Figura 18- Deformação aplicada em função da distância entre os apoios .....	33
Figura 19- Edifício 1: Detalhe do escoramento das vigas de periferia .....	40
Figura 20- Edifício 1: Detalhe do escoramento das vigas internas .....	41
Figura 21- Edifício 1: Detalhe do escoramento da laje e vigas internas .....	42
Figura 22- Edifício 1: Planta de fôrma .....	43
Figura 23- Edifício 2: Planta do cimbramento principal da laje .....	47
Figura 24- Edifício 2: Planta do cimbramento secundário da laje .....	48
Figura 25- Edifício 2: Planta do cimbramento das vigas .....	49
Figura 26- Edifício 1: Gráfico comparativo de custos de escoramento e fôrma estimado e calculado da laje .....	52
Figura 27- Edifício 2: Gráfico comparativo de custos de escoramento estimado e calculado .....	52



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Edifício 1: Quantitativo de materiais para a laje do dimensionamento estimado ...	37
Tabela 2- Edifício 1: Quantitativo de materiais para as vigas do dimensionamento estimado	38
Tabela 3- Edifício 1: Metragem de fôrmas em chapas compensadas do dimens. estimado.....	39
Tabela 4- Edifício 1: Quantitativo de materiais para a laje do dimensionamento calculado ..	40
Tabela 5- Edifício 1: Quantitativo de materiais para as vigas do dimensionamento calculado	40
Tabela 6- Edifício 2: Quantitativo de materiais para a laje do dimensionamento estimado ...	44
Tabela 7- Edifício 2: Quantitativo de materiais para as vigas de periferia do dimensionamento estimado.....	45
Tabela 8- Edifício 2: Quantitativo de materiais para as vigas internas do dimensionamento estimado.....	45
Tabela 9- Edifício 2: Quantitativo de materiais para as vigas do dimensionamento calculado .....	46
Tabela 10- Edifício 1: Quantitativo de materiais para a laje do dimensionamento calculado .	46
Tabela 11- Edifício 1: Custo do dimensionamento estimado .....	50
Tabela 12- Edifício 1: Custo do dimensionamento calculado .....	50
Tabela 13- Edifício 2: Custo do dimensionamento estimado .....	50
Tabela 14- Edifício 2: Custo do dimensionamento calculado.....	50

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
1.1 OBJETIVO .....	13
1.1.1 Objetivo Geral .....	13
1.1.2 Objetivos Específicos .....	13
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	13
2.1 FÔRMAS .....	14
2.1.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	14
2.1.1.1 Plástico.....	14
2.1.1.2 Papelão.....	15
2.1.1.3 Aço.....	16
2.1.1.4 Alumínio .....	17
2.1.1.5 Madeira .....	18
2.1.1.5.1 Chapas Compensadas.....	19
2.1.1.5.2 Tábuas .....	20
2.2 ESCORAMENTO.....	21
2.2.1 PEÇAS .....	21
2.2.1.1 Escoras .....	21
2.2.1.2 Vigas .....	24
2.2.1.3 Sargento – Cruzeta, Cruzeta e Aprumador .....	24
2.2.1.4 Tubos metálicos.....	25
2.2.1.5 Torres metálicas .....	25
2.2.1.6 Tripés .....	26
2.2.1.7 Cabeçal.....	27
2.2.1.8 Barra de ancoragem e conjunto de presilhas .....	27
<b>2.3 DIMENSIONAMENTO</b> .....	28
2.3.1 Projeto de Formas .....	28
2.3.2 Projeto de Escoramento.....	29
2.3.3 Cargas .....	29
2.3.4 Métodos de cálculo .....	30
2.3.4.1 Estados-limites últimos .....	31
2.3.4.1.1 Tensões de projeto utilizadas para a madeira.....	32
Portanto, para o caso de fôrmas, obtêm-se os seguintes valores de cálculo $f_d$ :.....	32
2.3.4.1.2 Tensões de projeto utilizadas para aço ou alumínio.....	33
2.3.4.1.3 Tensões de projeto utilizadas para outros materiais .....	33
2.3.4.2 Estados-limites de utilização .....	33
2.3.4.3 Método Prático (RPA).....	34
2.3.4.3.1 Fôrmas .....	34
2.3.4.3.2 Escoramentos .....	35
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	36
<b>4 ESTUDO DE CASO</b> .....	37

4.1	EDIFÍCIO 1: LAJE PAVIMENTO TIPO .....	37
4.1.1	Quantitativo estimado.....	38
4.1.2	Quantitativo calculado.....	41
4.2	EDIFÍCIO 2: LAJE SUBSOLO .....	45
4.2.1	Quantitativo estimado.....	46
4.2.2	Quantitativo calculado.....	47
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>54</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>60</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Devido ao cenário da Construção Civil no país atualmente não ser um dos mais favoráveis, torna-se ainda mais importante priorizar nas obras os aspectos de segurança e economia em todas as etapas construtivas, inclusive na etapa de formas e escoramentos.

No presente trabalho são apresentados os tipos de materiais utilizados em escoramentos e formas na construção civil, critérios das normas técnicas para dimensionamento dessa estrutura provisória e verificação dos quantitativos entre obras de médio porte, em que houve um planejamento da etapa de formas com a elaboração de projeto por profissional capacitado, e obras em que esta etapa ficou a critério da experiência prática dos seus gestores. Tudo isso para verificar de forma comparativa os totais de materiais utilizados em cada obra.

Na grande João Pessoa, existem empresas que oferecem os mais diversos tipos de fôrmas disponíveis no mercado, assim, de acordo com a necessidade da obra é possível locar ou montar no local. Além da locação das peças de escoramentos a empresa também elabora e dimensiona os projetos das estruturas provisórias, para atender as necessidades específicas das obras e assim apresentar a solução mais adequada.

Além da locação e montagem, essas empresas também oferecem o serviço do projeto de dimensionamento de escoramento e fôrmas para estruturas de concreto. Mas esse trabalho necessita de mais divulgação devido à importância que tem que ser dada a essa etapa constituinte das estruturas de concreto.

A dificuldade do conhecimento dos critérios para o dimensionamento de fôrmas para servir de molde ao concreto armado tem o seu início no precário ensino deste tema em universidades brasileiras, onde, com raríssimas e honrosas exceções, são ministradas aulas com algumas noções. O fato de as fôrmas serem estruturas provisórias não deve servir de justificativa para tal postura, pois durante a execução de uma estrutura as sobrecargas são na maioria das vezes acima daquelas previstas no projeto definitivo de concreto armado e requerem, portanto, rigoroso dimensionamento para a sua execução (NAZAR, 2007).

A fase de forma constitui em uma edificação de médio porte, cerca 25% a 40% do orçamento da estrutura de uma obra e 5% a 8% da obra total, segundo ASSAHI (2005).

De acordo com a representatividade do custo das fôrmas no orçamento de uma obra, se nota que é muito importante ser analisado o dimensionamento de formas de forma criteriosa, assim como sua execução.

## 1.1 OBJETIVO

### 1.1.1 Objetivo Geral

Abordar o aspecto quantitativo da utilização de formas para estruturas de concreto, a partir dos valores obtidos no dimensionamento entre estruturas provisórias projetadas por profissionais habilitados e estruturas estimadas por gestores de obra.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Descrever os critérios utilizados no dimensionamento e os tipos de formas e escoramentos usados na execução dos projetos das obras de concreto armado que serão avaliados;
- Comparar os resultados dos quantitativos dos materiais utilizados nos projetos avaliados de escoramento e forma;
- Destacar a importância do projeto provisório de escoramento e forma para a segurança e a economia das obras de concreto armado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com que define a norma NBR 1596 (ABNT, 2009), escoramentos são estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura do escoramento todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais, até que o concreto se torne autoportante. E 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.

No projeto de escoramento e fôrmas, define-se as dimensões desses elementos para resistir às ações a que estão submetidos, além disso, escolhe-se qual o tipo de material mais adequado a ser utilizado.

A importância dos escoramentos e das fôrmas para os elementos de concreto no contexto do projeto para a execução e determinação dos custos total da estrutura de um edifício, justifica o estudo detalhado do dimensionamento do projeto de formas e escoramentos. Esse processo reflete na organização da mão-de-obra e em outros itens que não são diretamente ligados à estrutura de concreto.

O projeto de estruturas provisórias constituído de fôrmas e escoramentos também podem ser feitos separados, ou seja, um projeto apenas para o escoramento e outro para fôrmas (principalmente de madeira). Essa é uma prática comum no mercado da construção civil, que permite aos construtores, por vezes, terem em seus canteiros projetos dimensionados (escoramentos) e estimados (fôrmas).

## 2.1 FÔRMAS

De maneira simples, podemos dizer que formas são estruturas provisórias que tem como finalidade dar a geometria apresentada no projeto estrutural e arquitetônico, e suporte ao concreto fresco até que ele se solidifique e consiga se auto suportar. Essas estruturas são na maioria das vezes de madeira.

Existem outros materiais que também são utilizados nessas estruturas como, plástico, isopor, liga metálica (chapas), blocos cerâmicos, papelão. A diversidade de materiais é grande, dessa forma, são as características e particularidades de cada obra que vão definir o tipo a ser utilizado.

A fôrma é o que inicia todo o processo construtivo de uma edificação logo após os serviços preliminares, e por isso, passa a ser referência para os demais, estabelecendo e padronizando o grau de excelência exigida para toda a obra. O desempenho do sistema de fôrma exerce forte influência na qualidade, prazo e custo do empreendimento (ASSAHI, 2005).

### 2.1.1 MATERIAIS UTILIZADOS

#### 2.1.1.1 Plástico

São utilizadas principalmente em lajes nervuradas e são popularmente conhecidas como cubetas. A figura 1, mostra a aplicação dessas formas em uma laje a ser concretada.

Material bastante leve, resistente e reciclável. É necessário bastante cuidado em relação à estruturação dos painéis, devido à sua grande deformabilidade (SILVA, J.O., 2005)

**Figura 1- Formas Plásticas -1º laje de concreto**



Fonte: Acervo pessoal (2016)

#### 2.1.1.2 Papelão

São utilizadas apenas uma vez, já que, é um material frágil e se rompe no momento da desforma. É uma forma auto estruturada e necessita apenas de elementos de posicionamento e prumos. Usada basicamente em pilares de seção circular com diâmetro aproximado de 1m, como mostra a figura 2 logo abaixo (SILVA, J.O., 2005).

**Figura 2 - Forma de papelão em pilar circular**



Fonte: CARMO, E.J.Z. (2007)

#### 2.1.1.3 Aço

As formas confeccionadas nesse tipo de material trazem como principal vantagem a durabilidade. No entanto, devido ao seu custo de compra, que exige um grande investimento econômico, não é utilizada tanto quanto a madeira. Proporciona aspecto muito liso na superfície de concreto.

Esse tipo de forma é utilizado em pilares paredes (como mostra figura 3), muros, blocos de fundação, sendo raramente usadas em vigas e podem chegar a até 60 reutilizações (SILVA, J.O., 2005).

Painéis metálicos são indicados para a fabricação de elementos de concreto pré-moldados, com as formas permanecendo fixas durante as fases de armação, lançamento, adensamento e cura. Em geral possuem vibradores acoplados nas próprias fôrmas (SILVA, J.O., 2005).



**Figura 3 – Painéis de aço para estrutura de concreto**



Fonte: <<http://www.portaldosequipamentos.com.br>> acesso em 15/11/2016

#### 2.1.1.4 Alumínio

Esse material apresenta as mesmas características do aço, porém ainda leva em conta como vantagem a leveza, proporcionando fácil manuseio. A grande desvantagem é custo alto de aquisição e manutenção (CARMO, E.J.Z.; 2007).

A figura 4 mostra o uso dessa fôrma como painel para paredes de concreto.

**Figura 4 – Painéis de alumínio para estrutura em concreto**



Fonte: <<http://www.portaldosequipamentos.com.br>> acesso em 15/11/2016

#### 2.1.1.5 Madeira

As formas de madeira são as mais utilizadas na construção civil, isso se deve a utilização de mão-de-obra de treinamento relativamente fácil (carpinteiro); o uso de equipamentos e complementos pouco complexos e relativamente baratos, boa resistência a impactos e ao manuseio (transporte e armazenagem); ser de material reciclável e possível de ser reutilizado e por apresentar características físicas e químicas condizentes com o uso (mínima variação

dimensional devido à temperatura, não-tóxica etc.). As restrições ao uso de madeira como molde para concreto armado se referem ao tipo de obra e condições de uso. Como desvantagens, a madeira tem pouca durabilidade (o número de reutilizações é muito menor que o aço), pouca resistência nas ligações e emendas, grandes deformações quando submetida a variações bruscas de umidade, e é inflamável (DENGE UEPG, 2011).

#### 2.1.1.5.1 Chapas Compensadas

Apropriadas para o concreto aparente, apresentando um acabamento superior ao obtido com painéis de tábuas. Na maioria das obras da construção civil são utilizadas chapas resinadas, por serem mais baratas e nas obras onde se requer melhor acabamento, exige-se o uso de chapas plastificadas, que embora de maior custo, obtém-se um maior número de reaproveitamento (DENGE UEPG,2011). As figuras a seguir mostram a utilização das chapas compensadas como assoalho para laje nervurada de concreto armado.

**Figura 5 - Fixação do assoalho em chapas compensadas resinadas**



Fonte: Acervo pessoal (2016)

**Figura 6 - Disposição da chapa de madeira sobre as longarinas metálicas**



Fonte: Acervo pessoal (2016)

Segundo ABCP (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND), as chapas com revestimento resinado podem ser reaproveitadas até 8 vezes sem causar danos ao aspecto da superfície do concreto. Já quando revestidas com material plástico permitem a reutilização até 18 vezes.

É sempre recomendável o estudo do projeto de fôrmas também para reduzir as perdas por cortes na madeira. As bordas cortadas devem ser pintadas com tinta apropriada para evitar a infiltração de umidade e elementos químicos do concreto entre as lâminas, principal fator de deterioração das chapas (DENGE UEPG, 2011).

#### 2.1.1.5.2 Tábuas

As tábuas são geralmente utilizadas em painéis laterais e no fundo de elementos a se concretar. Grande degradação do meio ambiente. As formas podem ser feitas de tábuas de pinho (araucária – pinheiro do Paraná); cedrinho (cedrilho); jatobá e pinus (não-recomendado). O pinho usado na construção é chamado de pinho de terceira categoria ou 3ª construção ou III C. Algumas madeiras podem fornecer, ainda, pinho tipo IV Rio com qualidade suficiente para serem usadas como formas na construção (DENGE UEPG, 2011).

A figura 7 mostra a utilização de fôrma de tábuas como painel lateral de viga para concreto.

**Figura 7 - Forma de tábuas de madeira utilizada em vigas**



Fonte: Acervo pessoal (2016)

## 2.2 ESCORAMENTO

São as estruturas provisórias que servem de apoio para fôrmas, sejam elas de lajes, vigas ou pilares. O escoramento suporta a carga aplicada e as encaminha até o solo, dando estabilidade ao conjunto até que o concreto se auto suporte. Pode ser de madeira ou metálico (mais utilizado).

Ainda, segundo a ABCP, essas estruturas provisórias funcionam bem como plataforma, servindo de suporte para equipamentos, caixas d'água, cilos de concreto ou qualquer outro tipo de material.

### 2.2.1 PEÇAS

#### 2.2.1.1 Escoras

Escoras são elementos que sustentam e/ou travam as fôrmas na estrutura de concreto. Sua função é como a de um pilar em uma estrutura de concreto permanente, recebe as cargas das vigas (longarinas) e transferem para o solo. Geralmente são de madeira (Figura 8) ou metálicas (Figura 9).

**Figura 8- Escoras de eucalipto**



Fonte: < <http://www.zianiflorestal.com.br> > acesso em 15/11/2016

**Figura 9 – Escoras metálicas para laje de concreto**

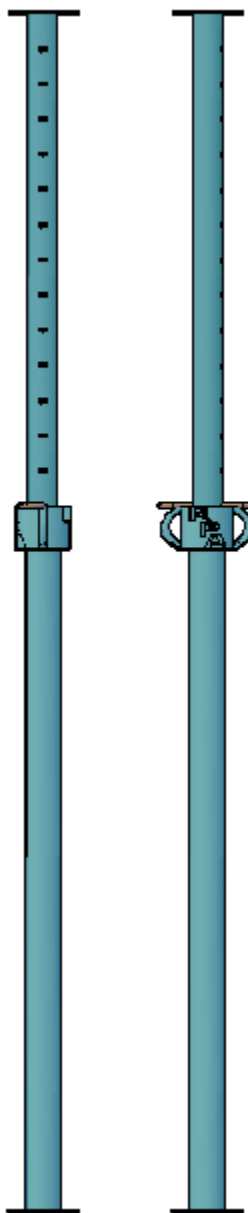


Fonte: Acervo pessoal (2016)

As escoras metálicas (figura 10) são compostas por dois tubos coaxiais: um de diâmetro maior, com uma chapa quadrada soldada à sua base; e outro de diâmetro menor o suficiente para deslizar pelo maior (OLIVEIRA, 2012).

As escoras variam de 3,10m a 4,50m. Montagem rápida, fácil e segura. Muito utilizadas nas obras de construção civil e podem ser compradas ou locadas por determinado período de tempo.

**Figura 10 - Escora metálica**



Fonte: Oliveira (2012)

### 2.2.1.2 Vigas

São instaladas abaixo do assoalho das lajes. Tem como função evitar a flexão de lajes de estruturas de concreto. Elas absorvem as cargas atuantes na laje e encaminham para as escoras (figura11).

**Figura 11 – Escoramento para lajes em vigas metálicas**



Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos

### 2.2.1.3 Sargento – Cruzeta, Cruzeta e Aprumador

A Cruzeta é uma peça que auxilia na transmissão das cargas nas vigas para as escoras. Durante o lançamento e adensamento do concreto essa peça permite que a distribuição do peso seja para a escora pelo seu eixo, diminuindo a possibilidade de instabilidade.

Sargento-Cruzeta e o aprumador, escoram as formas laterais das vigas. Elas garantem o prumo das fôrmas laterais (OLIVEIRA, 2012).

A figura 12, a seguir, permite a visualização dessas peças.



**Figura 12 – Aprumador, Sargento-Cruzeta e Cruzeta, respectivamente**



Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos

#### 2.2.1.4 Tubos metálicos

Os tubos metálicos podem ser usados como reforço para ajudar a travar as torres, como estruturas metálicas, e em cimbramentos peculiares, como os de escavação, que suportam as cargas de empuxo (OLIVEIRA, 2012).

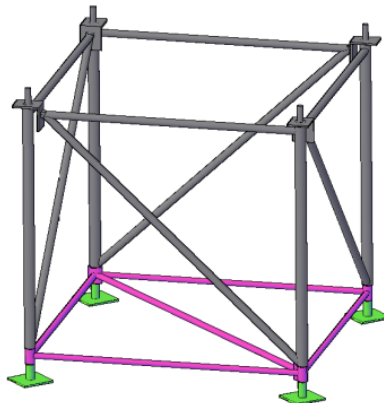
#### 2.2.1.5 Torres metálicas

Possuem a mesma função que as escoras, mas dão maior estabilidade.

Montagem mais complexa que as escoras, porém, apresenta uma capacidade de carga muito maior, segundo a ABCP.

De acordo com OLIVEIRA (2012), por serem estruturas com mais de um ponto de apoio, as torres são mais estáveis que as escoras. Por isso as torres (Figuras 13 e 14) são usadas para carregamentos mais intensos e para grandes alturas.

**Figura 13 – Exemplo de Torre metálica**



Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos

Figura 14 – Escoramento com torres metálicas



Fonte: < <http://www.servicos.unimedribeirao.com.br/marco-de-2013>> acesso em 15/11/2016

#### 2.2.1.6 Tripés

Ainda segundo OLIVEIRA, tripés (Figura 15) são utilizados em conjunto somente com as escoras e exercem um apoio diferente sobre estas. Eles reagem como engastes, impedindo que as escoras tombem por conta de forças como ventos e choques mecânicos, quando as escoras ainda não estão travadas pelas fôrmas e peso do concreto. Depois que o concreto adquire certa resistência, alguns tripés podem ser retirados.

**Figura 15: Tripés metálicos**

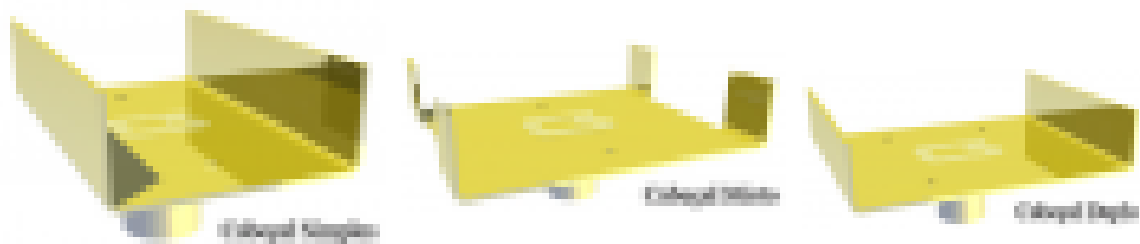


Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos

#### 2.2.1.7 Cabeçal

Assim como o tripé, o cabeçal é um acessório das escoras metálicas. Tem como função acomodar e limitar o movimento das vigas que escoram as lajes sobre as escoras. Podem ser simples, mistos e duplos (figura 16).

**Figura 16 - Cabeçal simples, misto e duplo respectivamente**



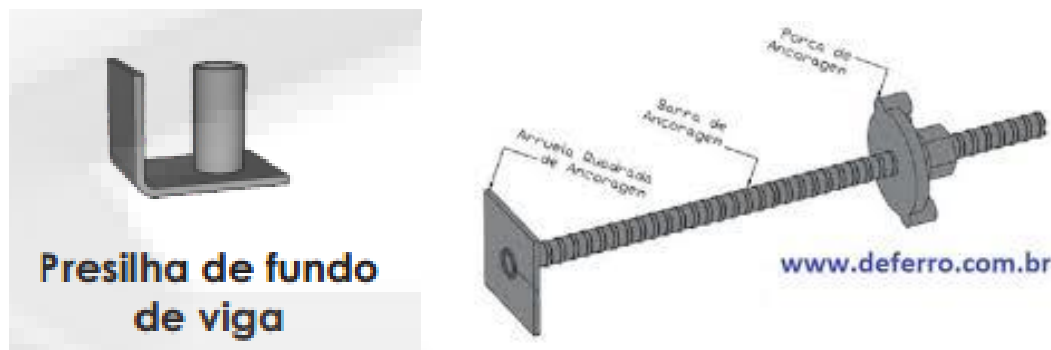
Fonte: C3 – Equipamentos para Construção Civil

#### 2.2.1.8 Barra de ancoragem e conjunto de presilhas

O conjunto de presilhas (figura 17) serve para evitar a abertura do fundo de vigas, e a barra de ancoragem (figura 17) serve para travar pilares, vigas, cortinas de concreto e demais concentrações de concreto, onde não é possível fazer o travamento entre as formas

longitudinais, ou seja, serve para absorver a pressão de lançamento e adensamento do concreto (RPA – fôrmas e escoramentos, 2016).

Figura 17 – Presilha e barra de ancoragem



Fonte: < <http://www.deferro.com.br> > acesso em 15/11/2016

## 2.3 DIMENSIONAMENTO

Fôrma para estruturas de concreto são estruturas provisórias e devem ser criteriosamente dimensionadas.

O dimensionamento requer análise da fôrma e cimbramento, onde os cálculos são para proporcionar a rigidez e resistência necessária a cada um dos componentes do sistema, e também análise das ações construtivas que ocorrem sobre as estruturas moldadas, na maioria delas, ainda na fase prematura de cura do concreto. O projetista utiliza-se dos conhecimentos técnicos de engenharia e também, o do comportamento dos materiais a serem utilizados, principalmente das madeiras, por ser o material mais empregado como fôrmas no país. Estes, mesmo com a identificação da espécie, devem-se levar em consideração os fatores físicos botânicos, tais como: idade da madeira, umidade, existência de nós e falhas, etc. A obtenção destas características físicas confiáveis é tarefa para instituições especializadas, impossíveis de realização no canteiro de obra (ASSAHI, 2005).

### 2.3.1 Projeto de Formas

Segundo a NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos, os projetos de formas devem conter:

- a) especificar os materiais utilizados;
- b) definir clara e exatamente o posicionamento de todos os elementos utilizados;

c) mencionar os critérios adotados para o dimensionamento da fôrma, tais como a pressão do concreto, a velocidade de lançamento, altura de concretagem e de vibração, consistência do concreto, metodologia de lançamento etc.;

d) ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes, de tal forma que não fiquem dúvidas para a correta execução da montagem.

A critério do responsável técnico da obra, quando da utilização de equipamentos industrializados com cargas admissíveis comprovadas para um tipo específico de montagem, o projeto de fôrma ou escoramento pode incorporar catálogos técnicos, manuais de instrução e montagem.

### 2.3.2 Projeto de Escoramento

Segundo a NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos, os projetos de escoramentos devem conter:

- a) especificar as cargas admissíveis dos equipamentos utilizados;
- b) definir clara e exatamente o posicionamento de todos os elementos;
- c) definir as cargas nas bases de apoio;
- d) ser detalhado com plantas, cortes, vistas e demais detalhes, de tal forma que não fiquem dúvidas para a correta execução da montagem.

### 2.3.3 Cargas

Assim como para o dimensionamento de estruturas de concreto, nas estruturas provisórias é necessário saber quais cargas estão agindo sobre elas.

Dessa forma, ainda segundo a NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos, o dimensionamento de estruturas provisórias devem considerar as seguintes cargas atuantes:

- a) peso próprio dos elementos da estrutura de escoramento e das fôrmas;
- b) peso de todos os elementos da estrutura de concreto a serem suportados pela estrutura do escoramento, tais como lajes, vigas, paredes, capitéis etc.;
- c) cargas provenientes do método de lançamento do concreto sobre as fôrmas e o escoramento;
- d) carregamentos assimétricos sobre as fôrmas e escoramento;

- e) sobrecarga de trabalho na execução dos serviços de lançamento, adensamento e acabamento do concreto. A sobrecarga de trabalho deve ser de no mínimo 2,0 kN/m<sup>2</sup>, sendo que a carga estática total a ser considerada, além daquela em a) do item 4.2, não pode ser inferior a 4,0 kN/m<sup>2</sup>;
- f) Impacto do lançamento do concreto: As cargas variáveis, em alguns casos, já incluem os efeitos normais de impacto. Entretanto, devem ser considerados no projeto, além dos valores estáticos das cargas, também os efeitos dinâmicos ou de impactos causados por máquinas, equipamentos utilizados no lançamento do concreto etc.;
- g) o Impacto máximo a ser considerado no lançamento do concreto sobre a face horizontal da fôrma está limitado ao esforço resultante do lançamento de uma altura de 0,20 m acima do nível acabado.
- h) no caso de alturas maiores que 0,20 m, o cálculo deve prever sobrecargas adicionais;
- i) vibrações do concreto e as decorrentes de equipamentos de adensamento do concreto;
- j) pressões de vento conforme determinações da norma ABNT NBR 6123, sendo que não deve ser inferiores a 0,6 kN/m<sup>2</sup>;
- k) quando utilizado plataformas de trabalho, deve ser considerada a sobrecarga mínima de 1,5 kN/m<sup>2</sup>;
- l) esforços horizontais aplicados nas laterais das fôrmas da laje, para efeito de cálculo de contraventamento e/ou ancoragem em pontos fixos externos, devem ser adotados iguais a 5 % da carga vertical aplicada neste mesmo nível nos dois sentidos principais da laje, se não considerados os efeitos dinâmicos devidos a bombas de concreto. Neste caso, deve-se considerar este efeito somado ao primeiro esforço horizontal;
- m) cargas provenientes da pressão horizontal do concreto.

#### 2.3.4 Métodos de cálculo

O método é baseado nos estados-limites, para cálculo da resistência dos materiais e equipamentos a serem dimensionados.

De acordo com a NBR 15696 (ABNT, 2009), no dimensionamento das estruturas provisórias devem ser considerados os seguintes valores de peso específico dos materiais para cálculo:

- a) Peso específico do concreto armado:  $\gamma_c = 25kN/m^3$ , podendo variar conforme sua composição;
- b) Peso específico do aço:  $\gamma_A = 78kN/m^3$  ;
- c) Peso específico do alumínio:  $\gamma_{AL} = 28kN/m^3$  ;
- d) Peso específico da madeira (conforme a madeira utilizada: ABNT NBR 7190).

#### 2.3.4.1 Estados-limites últimos

De acordo com a NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos.

Verifica-se primeiro a resistência solicitada em projeto é maior ou igual ao valor de cálculo da ação:

$$F_d \leq R_d \quad (1)$$

$$F_d = \frac{R_k}{\gamma_w} \quad (2)$$

Onde:

$R_d$  é a resistência de projeto;

$R_k$  é a resistência característica do material;

$F_d$  é o valor de cálculo da ação;

$\gamma_w$  é o coeficiente de ponderação do material.

Para efeitos desta Norma, embora fôrmas e escoramentos sejam de caráter provisório, as combinações de cargas a serem consideradas devem ser provenientes de construções normais, dadas por:

$$F_d = \gamma_Q \left[ F_{qi,k} + \sum_{j=2}^n (\Psi_{0j,ef} \cdot F_{qi,k}) \right] \quad (3)$$

Onde:

$F_{qi,k}$  representa o valor característico da ação variável considerada como principal para a situação transitória;

$\Psi_{0j,ef}$  é igual ao fator  $\psi_{0j}$  adotado nas combinações normais e tomando como 1,0 e  $\gamma_Q=1,4$ , ou seja:

$$F_d = 1,4 * \sum_{j=1}^n F_{qi,k} \quad (4)$$

#### 2.3.4.1.1 Tensões de projeto utilizadas para a madeira

O valor de cálculo  $f_d$  de qualquer propriedade da madeira é obtido a partir do valor característico  $f_k$ , pela expressão:

$$f_d = K_{mod} \frac{f_{ik}}{\gamma_w} \quad (5)$$

Onde:

$f_{ik}$  é o valor característico para os diversos esforços;

$i, \gamma_w$  é o coeficiente de minoração das propriedades da madeira;

$k_{mod} = k_{mod,1} \times k_{mod,2} \times k_{mod,3}$  é o coeficiente de modificação, que leva em conta influências não consideradas por  $\gamma_w$ , conforme ABNT NBR 7190.

Para o caso de fôrmas, o coeficiente parcial de modificação  $k_{mod,1}$ , que leva em conta a classe de carregamento e o tipo de material empregado, pode ser adotado igual a 0,9, considerando que a ação variável é de curta duração; o coeficiente parcial de modificação  $k_{mod,2}$ , que leva em conta a classe de umidade e o tipo de material empregado, pode ser adotado igual a 0,8 para madeira maciça e 1,0 para madeira industrializada; o coeficiente parcial de modificação  $k_{mod,3}$ , que leva em conta a sua classificação, pode ser adotado igual a 0,8.

O coeficiente de ponderação para estados-limites últimos decorrentes de tensões de compressão paralela às fibras tem o valor básico  $\gamma_{wc} = 1,4$ .

O coeficiente de ponderação para estados-limites últimos decorrentes de tensões de cisalhamento tem o valor básico  $\gamma_{wv} = 1,8$ .

Para a compressão perpendicular às fibras considera-se apenas 25 % do valor da compressão paralela às fibras.

Portanto, para o caso de fôrmas, obtêm-se os seguintes valores de cálculo  $f_d$ :

- ✓ Compressão e tração paralelas às fibras, e bordas da flexão, para madeira maciça:

$$f_d = 0,411 \cdot f_{ck} \quad (6)$$

- ✓ Compressão perpendicular às fibras para madeira maciça:

$$f_d = 0,103 \cdot f_{ck} \quad (7)$$

- ✓ Compressão e tração paralelas às fibras, e bordas da flexão, para madeira industrializada:



$$fd = 0,514. fck \quad (8)$$

- ✓ Compressão perpendicular às fibras para madeira industrializada:

$$fd = 0,129. fck \quad (9)$$

- ✓ Cisalhamento para madeira maciça:

$$fd = 0,320. fvk \quad (10)$$

- ✓ Cisalhamento para madeira industrializada:

$$fd = 0,400. fvk \quad (11)$$

#### 2.3.4.1.2 Tensões de projeto utilizadas para aço ou alumínio

A tensão de cálculo para estruturas de aço e alumínio deve ser determinada dependendo do tipo de aço ou alumínio projetado, sendo:

$\gamma_m$  - Coeficiente de ponderação do material = 1,1

No caso de equipamentos metálicos sujeitos à compressão e flambagem, como escoras e torres de escoramento, o coeficiente de ponderação deve ser  $\gamma_m = 1,5$ .

#### 2.3.4.1.3 Tensões de projeto utilizadas para outros materiais

No caso de serem utilizados outros materiais, o projetista deve consultar normas específicas ou valores assegurados pelo fornecedor ou, ainda, resultados de ensaios elaborados por laboratórios de reconhecida idoneidade.

#### 2.3.4.2 Estados-limites de utilização

Estados que, pela sua ocorrência, repetição ou duração, provoquem efeitos incompatíveis com as condições de uso da estrutura, tais como: deslocamentos excessivos, vibrações e deformações permanentes.

A condição para dimensionamento é:

$$u_{total} \leq u_{lim} \quad (12)$$

Onde:

$u_{total}$  é a máxima flecha que ocorre no elemento, calculada com carga de peso próprio do concreto e sobrecarga de 1,0 kN/m<sup>2</sup>, sem aplicação de coeficiente de segurança, onde:

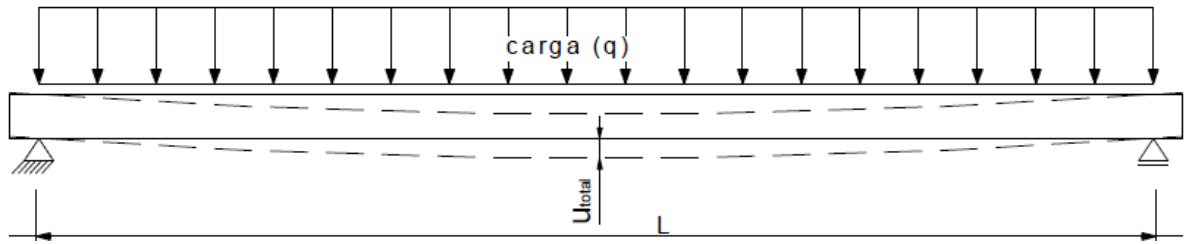
$$u_{total} = u_{lim} \text{ é a deformação – limite} \quad (13)$$

Onde:

$$u_{lim} = 1 + \frac{L}{500} \quad (14)$$

Entende-se por vão entre apoios (L) a distância entre os apoios de cada elemento estrutural do escoramento ou fôrma estudada, conforme figura 18, dada em milímetros.

Figura 18- Deformação aplicada em função da distância entre os apoios



Fonte: NBR 15696

### 2.3.4.3 Método Prático (RPA)

#### 2.3.4.3.1 Fôrmas

Segundo OLIVEIRA (2012), para fôrmas de madeira ou metal, materiais que se comportam de maneira elástico- linear, podemos usar a Lei de Hooke:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (16)$$

Onde:

E = Módulo de Elasticidade;

$\varepsilon$  = Deformação

$\sigma$  = Tensão aplicada

Considerando que durante a concretagem, o carregamento sobre as fôrmas exerce basicamente a flexão. Assim aplicando a fórmula da Lei de Hooke a flexão, temos:

$$\sigma = \frac{M \times y}{I} \quad (17)$$

A deformação é função do carregamento, de propriedades intrínsecas do material e da geometria do elemento.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{E \times I} \quad (18)$$

Onde:

$\rho$  = raio de curvatura da deformação da fôrma;

M = Momento Fletor;

E = Modulo de Elasticidade;

I = Momento de Inércia.

O raio de curvatura pode ser transformado em deflexão máxima, também nomeada flecha máxima. O chamado Método da Integração permite esta transformação, desde que se conheça a reação dos apoios sobre o elemento que suporta a carga.

Adotando que ligação entre o escoramento e a fôrma seja análoga ao carregamento de uma viga estaticamente determinada, como na figura 18, mostrada acima, o Método da Integração infere uma deflexão máxima no meio do vão, como mostra a equação 19:

$$y_{max} = \frac{5 \times q \times L^4}{384 \times E \times I} \quad (19)$$

A flecha máxima da fôrma se amplia:

- ✓ Com o aumento do vão, L, entre as escoras;
- ✓ Com a redução do Modulo de Elasticidade, E, no caso de uso de outro material;
- ✓ Com a redução do Momento de Inércia, I, no caso de uso de outra geometria da seção transversal;

As normas de estrutura, como a NBR 14931 (ABNT, 2004) - Execução de Estruturas em Concreto - Procedimento, e a NBR 6118 (ABNT, 2014) - Projetos de estrutura de concreto - Procedimento, fixam um valor máximo para a flecha máxima dos elementos estruturais, que lógico, também não deve ser ultrapassado pelas fôrmas.

Dessa forma, com a geometria e material da fôrma definidos, e com um valor de deformação máxima estabelecido, a única variável em aberto na relação da Equação 19 é o tamanho do vão entre as escoras, L. Isolando-a:

$$L = \sqrt[4]{\frac{-y \times 384 \times E \times I}{-5 \times q}} \quad (20)$$

Assim, tem-se um critério elementar de projeto para posicionar o escoramento.

#### 2.3.4.3.2 Escoramentos

Elementos compridos e esbeltos sujeitos a uma força axial de compressão são chamados colunas e a deflexão lateral que sofrem é chamada flambagem. Em geral, a flambagem da

coluna leva a uma falha súbita e dramática da estrutura ou do mecanismo. A carga axial máxima que uma coluna pode suportar quando está no limite da flambagem é chamada carga crítica  $P_{crit}$ . (HIBBELER, R.C. 2004).

Pela fórmula de Euler, temos:

$$P_{crit} = \frac{\pi \times E \times I}{(k \times H)^2} \quad (21)$$

Onde:

H = Altura da escora;

K = Tipo de ligação das extremidades da escora;

E = Modulo de Elasticidade (depende do material);

I = Momento de Inércia (depende da geometria).

Independentemente do tipo das reações geradas nas extremidades da escora, quanto maior a altura da mesma, menor carga suportada pela escora.

Ainda de acordo com OLIVEIRA, fixando o vão entre as escoras, encontra-se a maior altura possível para uma determinada geometria de uma escora.

A condição para que a escora não flambe é que  $P < P_{crit}$ , onde este P é a reação que o solo transmite à escora.

Para a figura 16:

$$P = q \times \frac{L}{2} \quad (22)$$

Para atender esta condição:

$$H < \sqrt{\frac{2 \times \pi \times E \times I}{k \times q \times L}} \quad (23)$$

Assim a altura máxima permitida para uma escora também acaba sendo uma função do vão entre as escoras, L.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste na verificação das vantagens do dimensionamento de estruturas provisórias a partir dos quantitativos executados por engenheiro calculista e a estimava realizada por mestre de obra responsável pelo setor da carpintaria.

O procedimento consiste em fazer essa verificação para lajes de dois edifícios distintos, situados na cidade de João Pessoa/PB. A fôrma será mista, onde o escoramento é metálico e as fôrmas das lajes são em madeira e plástica.

Em um dos edifícios será estudado a laje do subsolo, no qual foi verificado apenas escoramento, e no outro, uma laje de pavimento tipo, no qual foi analisado a forma em madeira e escoramento.

As cubetas, fôrmas plásticas para lajes nervuradas não foram dimensionadas e nem serão apontadas nas verificações.

Através de tabelas e gráficos, que facilitem a visualização, dos dimensionamentos determinado por engenheiros e dos estimados por mestre de obra, será possível comprovar se há vantagens do dimensionamento das estruturas provisórias por profissionais habilitados.

Sabendo que é um hábito entre alguns construtores que optam por o dimensionamento correto desse tipo de estrutura, solicitar apenas o projeto do cimbramento, sem os quantitativos da madeira, também serão realizadas tabelas e gráficos, apenas com escoramento metálico, de forma, a ficar mais próximo da realidade dos profissionais que trabalham executando esse tipo de projeto.

De posse desses resultados serão verificadas se realmente existem as vantagens em executar o projeto correto de dimensionamento de estruturas provisórias, conforme se mostra abaixo:

- ✓ Custo das fôrmas a partir dos quantitativos realizados;
- ✓ Espaço entre escoras, de forma a não prejudicar a locomoção de funcionários no canteiro de obra;
- ✓ Segurança;
- ✓ Quantidade de peças empregadas;
- ✓ Economia para estrutura e para obra;
- ✓ Importância do projeto provisório.

## **4 ESTUDO DE CASO**

### **4.1 EDIFÍCIO 1: LAJE PAVIMENTO TIPO**

O edifício é de porte médio com 8 lajes de pavimento tipo, térreo e coberta, localizado na cidade de João Pessoa. A laje do pavimento tipo conta com 330,81 m<sup>2</sup> de área. As vigas têm seção que variam entre 15x65cm, 20x65cm e 25x65cm. As fôrmas são em chapas de madeira compensada plastificada com 18mm de espessura. E o escoramento é metálico.

Como o trabalho não tem como objetivo a comparação de custos entre os tipos de fôrmas e escoramentos que podem ser utilizados nas obras de construção civil (que variam também de

acordo com as características particulares de cada canteiro), foi estabelecido o mesmo material para as fôrmas e escoramento para que ambos os profissionais pudessem quantificá-los.

Em anexo encontra-se recorte da planta de escoramento do pavimento tipo do edifício em ampliação (ANEXO A).

#### 4.1.1 Quantitativo estimado

De posse da planta estrutural do pavimento tipo da edificação, e segundo a experiência profissional do mestre de obra, os seguintes critérios foram adotados para estimar o quantitativo para escoramento e fôrma:

Escoramento das lajes:

- i. A cada 2,25m<sup>2</sup> de área da laje, devem ser dispostas 4 escoras, espaçadas uma das outras em 1,5m;
- ii. As vigas secundárias são dispostas no sentido do maior vão da laje e o espaçamento é de acordo com as dimensões das cubetas da laje nervurada, ou seja, variam de 0,50 a 0,65m;
- iii. As vigas secundárias são dispostas na direção do menor vão da laje e espaçadas a cada 1,5m;
- iv. Nas lajes todas as escoras necessitam de tripés funcionando como uma base que distribui melhor as cargas para o piso.

A tabela 1, resume o quantitativo de materiais necessários para escorar a laje.

**Tabela 1 - Edifício 1: Quantitativo de materiais para a laje do dimensionamento estimado**

PAVIMENTO TIPO										
LAJE										
Laje	Comprimento (m)	largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	N° de escoras (PÇ)	N° de Tripés (PÇ)	N° de Cabeçal (PÇ)	N° de vigas metálicas (PÇ)	Vigas metálicas (m)	N° de vigas metálicas com madeira (PÇ)	Vigas metálica com madeira (m)
L301	2.70	0.80	2.16	4	4	4	2	5.40	5	4
L302	1.60	1.10	1.76	4	4	4	2	3.20	3	3.3
L303	4.90	3.70	18.13	33	33	33	3	14.70	9	33.3
L304	3.45	0.70	2.42	5	5	5	2	6.90	6	4.2
L305	8.00	5.60	44.80	80	80	80	4	32.00	14	78.4
L306	3.70	1.60	5.92	11	11	11	2	7.40	7	11.2
L307	2.80	1.10	3.08	6	6	6	2	5.60	5	5.5
L308	2.80	1.10	3.08	6	6	6	2	5.60	5	5.5
L309	2.80	2.80	7.84	14	14	14	2	5.60	5	14
L310	8.00	5.60	44.80	80	80	80	4	32.00	14	78.4
L311	1.70	0.60	1.02	2	2	2	2	3.40	3	1.8
L312	1.70	0.30	0.51	1	1	1	2	3.40	3	0.9
L313	6.20	5.40	33.48	60	60	60	4	24.80	11	59.4
L314	6.20	2.80	17.36	31	31	31	2	12.40	11	30.8
L315	6.00	3.50	21.00	38	38	38	3	18.00	10	35
L316	8.00	5.40	43.20	77	77	77	4	32.00	14	75.6
L317	5.40	0.30	1.62	3	3	3	2	10.80	9	2.7
L318	5.40	0.45	2.43	5	5	5	2	10.80	9	4.05
L319	5.40	0.80	4.32	8	8	8	2	10.80	9	7.2
L320	2.80	2.80	7.84	14	14	14	2	5.60	5	14
L321	2.10	1.80	3.78	7	7	7	2	4.20	4	7.2
Total:	-	-	-	489	489	489	52	254.60	161	476.45

Fonte: Autora, 2016

Escoramento das vigas:

- i. As escoras são espaçadas a cada 0,70m do comprimento da viga;
- ii. As presilhas e barras de ancoragem são espaçadas a cada 0,40m do comprimento da viga.

A tabela 2, resume o quantitativo de materiais necessários para escorar as vigas.

**Tabela 2 - Edifício 1: Quantitativo de materiais para as vigas do dimensionamento estimado**

PAVIMENTO TIPO								PAVIMENTO TIPO						
VIGAS DE PERIFERIA								VIGAS INTERNAS						
Viga	Comprimento (m)	Comprimento para escoramento (m)	Seção (cm)	Nº de escoras (PÇ)	Nº de Cruzetas (PÇ)	Aprumado r externo (PÇ)	Conjunto de presilhas (PÇ)	Viga	Comprimento (m)	Comprimento para escoramento (m)	Seção (cm)	Nº de escoras (PÇ)	Nº de Cruzetas (PÇ)	Conjunto de presilhas (PÇ)
V301	13.85	12.05	15X65	18	18	18	31	V303	1.75	1.75	15X65	3	3	4
V302	7.55	6.5	15X65	10	10	10	17	V304	8.15	7.25	15X65	11	11	19
V305	3.15	3	15X65	5	5	5	8	V307	1.25	1.25	15X65	2	2	4
V306	5.55	4.45	15X65	7	7	7	12	V308	12.15	11.15	25X65	16	16	28
V310	3.7	3.7	15X65	6	6	6	10	V309	8.05	6.9	20X65	10	10	18
V311	5.55	3.8	15X65	6	6	6	10	V316	3.85	3.85	15X65	6	6	10
V312	8.05	6.65	15X65	10	10	10	17	V319	5.05	5.05	15X65	8	8	13
V313	6.2	5.2	15X65	8	8	8	13	V320	5.05	3.05	15X65	5	5	8
V314	3.85	2.05	15X65	3	3	3	6	V321	10.45	10.45	15X65	15	15	27
V315	1.95	1.95	15X65	3	3	3	5	V322	2.9	2.9	15X65	5	5	8
V317	3.85	3.85	15X65	6	6	6	10	V323	7.45	7.45	25X65	11	11	19
V318	6.2	5.05	25X65	8	8	8	13	V324	9.85	9.85	15X65	15	15	25
V326	11.5	11.5	15X65	17	17	17	29	V325	8.95	8.95	15X65	13	13	23
TOTAL:	-	-	-	107	107	107	181	TOTAL:	-	-	-	120	120	206

Fonte: Autora, 2016

Fôrma das lajes e vigas:

- i. As fôrmas de madeira são em chapas resinadas plastificadas com espessura de 18mm e utilizadas como assoalho das lajes e como painéis laterais e de fundo das vigas;

Na tabela 3 segue o resumo do quantitativo realizado.



**Tabela 3 - Edifício 1: Metragem de fôrmas em chapas compensadas plásticas do dimensionamento estimado**

PAVIMENTO TIPO							PAVIMENTO TIPO				
VIGAS							LAJE				
Viga	Comprimento (m)	Seção (m)		Recobrimento (m)	Chapa plastificada (m <sup>2</sup> )		Laje	Comprimento (m)	largura (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Chapa plastificada (m <sup>2</sup> )
		Largura	Altura		Fundo	Laterais					
							L301	2.70	0.80	2.16	2.16
V301	13.7	0.15	0.65	0.025	2.74	19.18	L302	1.60	1.10	1.76	1.76
V302	7.4	0.15	0.65	0.025	1.48	10.36	L303	4.90	3.70	18.13	18.13
V305	3	0.15	0.65	0.025	0.6	4.20	L304	3.45	0.70	2.42	2.42
V306	5.4	0.15	0.65	0.025	1.08	7.56	L305	8.00	5.60	44.80	44.80
V310	3.55	0.15	0.65	0.025	0.71	4.97	L306	3.70	1.60	5.92	5.92
V311	5.4	0.15	0.65	0.025	1.08	7.56	L307	2.80	1.10	3.08	3.08
V312	7.9	0.15	0.65	0.025	1.58	11.06	L308	2.80	1.10	3.08	3.08
V313	6.05	0.15	0.65	0.025	1.21	8.47	L309	2.80	2.80	7.84	7.84
V314	3.7	0.15	0.65	0.025	0.74	5.18	L310	8.00	5.60	44.80	44.80
V315	1.8	0.15	0.65	0.025	0.36	2.52	L311	1.70	0.60	1.02	1.02
V317	3.7	0.15	0.65	0.025	0.74	5.18	L312	1.70	0.30	0.51	0.51
V318	6.05	0.25	0.65	0.025	1.815	8.47	L313	6.20	5.40	33.48	33.48
V326	11.35	0.15	0.65	0.025	2.27	15.89	L314	6.20	2.80	17.36	17.36
V303	1.6	0.15	0.65	0.025	0.32	2.24	L315	6.00	3.50	21.00	21.00
V304	8	0.15	0.65	0.025	1.6	11.20	L316	8.00	5.40	43.20	43.20
V307	1.1	0.15	0.65	0.025	0.22	1.54	L317	5.40	0.30	1.62	1.62
V308	12	0.15	0.65	0.025	2.4	16.80	L318	5.40	0.45	2.43	2.43
V309	7.9	0.15	0.65	0.025	1.58	11.06	L319	5.40	0.80	4.32	4.32
V316	3.7	0.15	0.65	0.025	0.74	5.18	L320	2.80	2.80	7.84	7.84
V319	4.9	0.15	0.65	0.025	0.98	6.86	L321	2.10	1.80	3.78	3.78
V320	4.9	0.2	0.65	0.025	1.225	6.86	Total:	-	-	-	270.55
V321	10.3	0.25	0.65	0.025	3.09	14.42					
V322	2.75	0.15	0.65	0.025	0.55	3.85					
V323	7.3	0.25	0.65	0.025	2.19	10.22					
V324	9.7	0.15	0.65	0.025	1.94	13.58					
V325	8.8	0.25	0.65	0.025	2.64	12.32					
TOTAL:	-	-	-	-	35.88	226.73					

Fonte: Autora, 2016

#### 4.1.2 Quantitativo calculado

O dimensionamento da estrutura provisória da laje do pavimento tipo, foi realizado segundo a NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos. A partir dos cálculos e critérios estabelecidos na norma, que levam em consideração as cargas atuantes e peso específicos de cada material utilizado, descritos no item 2.3 desse trabalho, a quantidade de escoras, tripés, vigas e seus respectivos espaçamentos foram determinados, como pode ser observado nas tabelas 4 e 5 abaixo.

Tabela 4 - Edifício 1: Quantitativo de materiais para a laje do dimensionamento calculado

PAVIMENTO TIPO						
LAJE						
Nº de escoras (PÇ)	Nº de Tripés (PÇ)	Nº de Cabeçal (PÇ)	Nº de vigas metálicas (PÇ)	Vigas metálicas (m)	Nº de vigas metálicas com madeira (PÇ)	Vigas metálica com madeira (m)
388	145	388	39	274.70	100	350.3

Fonte: Autora, 2016

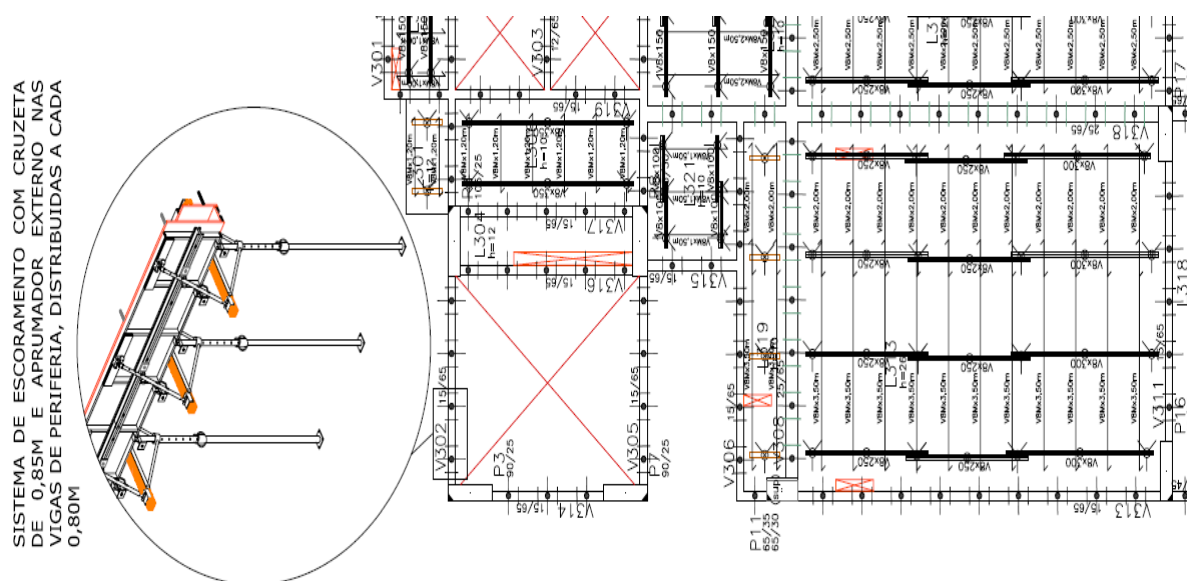
Tabela 5 - Edifício 1: Quantitativo de materiais para as vigas do dimensionamento calculado

PAVIMENTO TIPO				PAVIMENTO TIPO		
VIGAS DE PERFIFERIA				VIGAS INTERNAS		
Nº de escoras (PÇ)	Nº de Cruzetas (PÇ)	Aprumad or externo (PÇ)	Conjunto de presilhas (PÇ)	Nº de escoras (PÇ)	Nº de Cruzetas (PÇ)	Conjunto de presilhas (PÇ)
94	94	94	145	107	107	165

Fonte: Autora, 2016

O projeto calculado por profissional habilitado dispõe de plantas baixas que facilitam a execução da estrutura provisória, como mostra as figuras 19 a 22, abaixo.

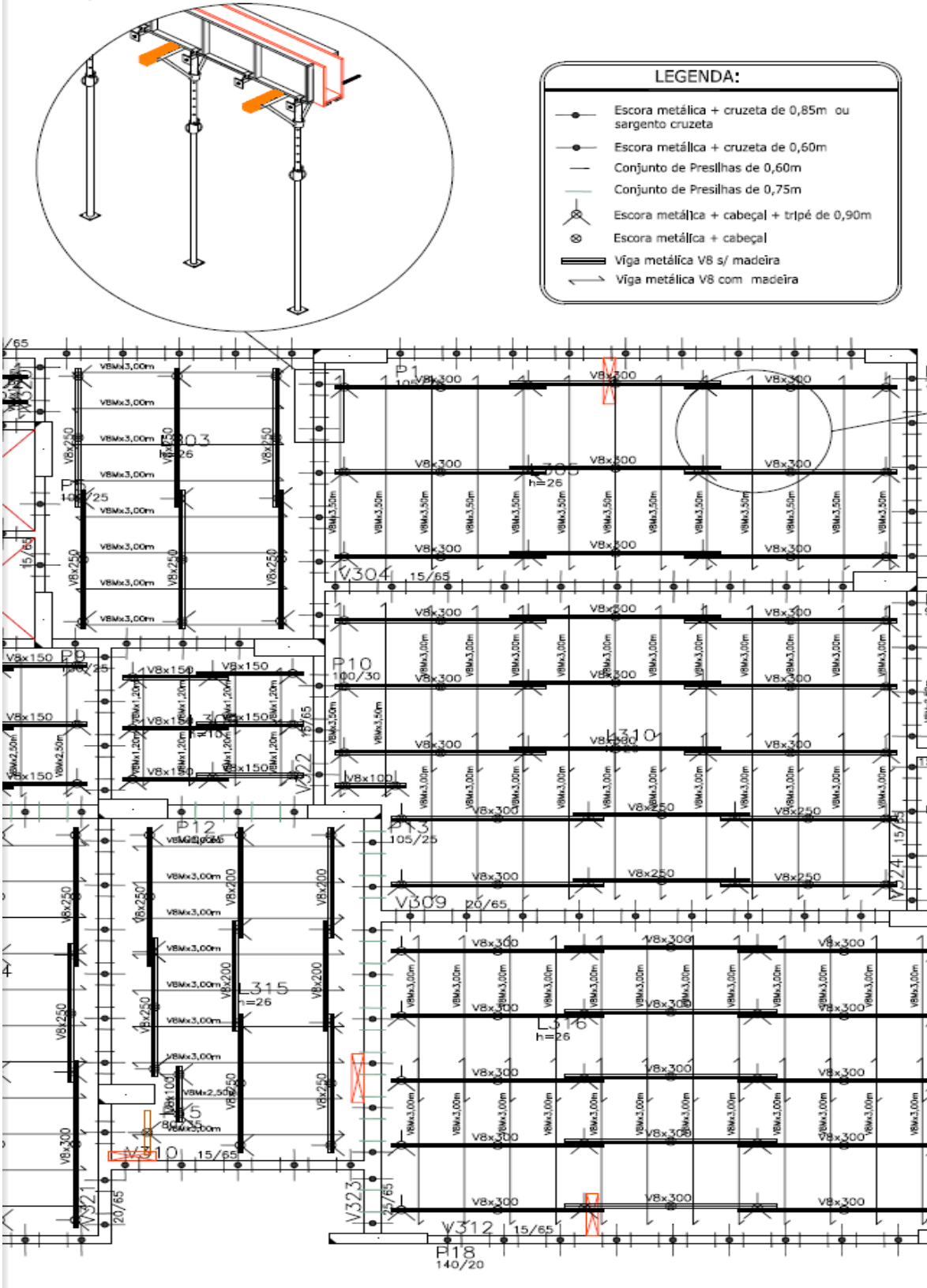
Figura 19 - Edifício 1: Detalhe do escoramento das vigas de periferia



Fonte: RPA – Fôrmas e Escoramentos (2013)

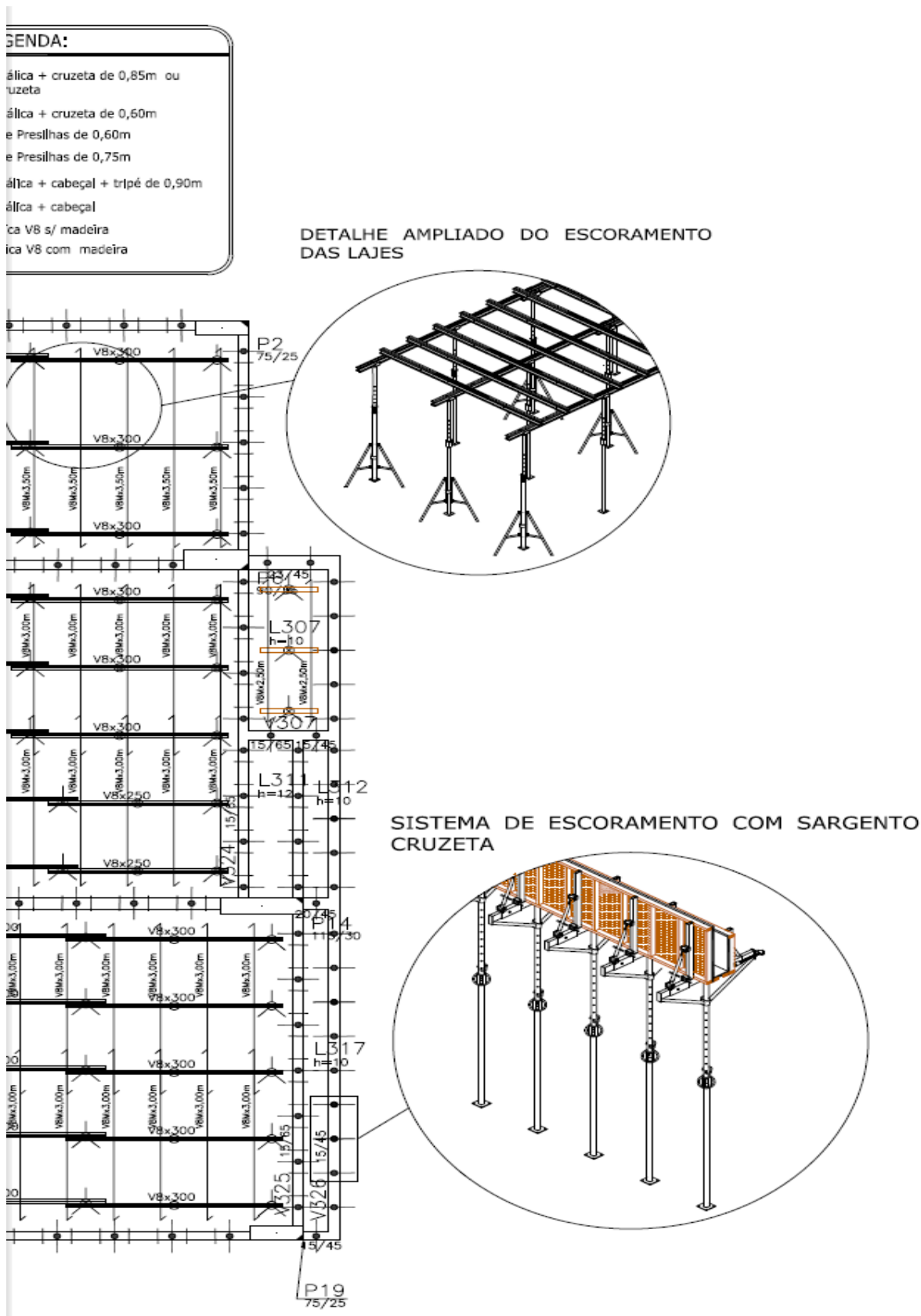
Figura 20 - Edifício 1: Detalhe do escoramento das vigas internas, distribuidas a cada 0,80m

SISTEMA DE ESCORAMENTO COM CRUZETA DE 0,60M NAS VIGAS INTERNAS, DISTRIBUIDAS A CADA 0,80M



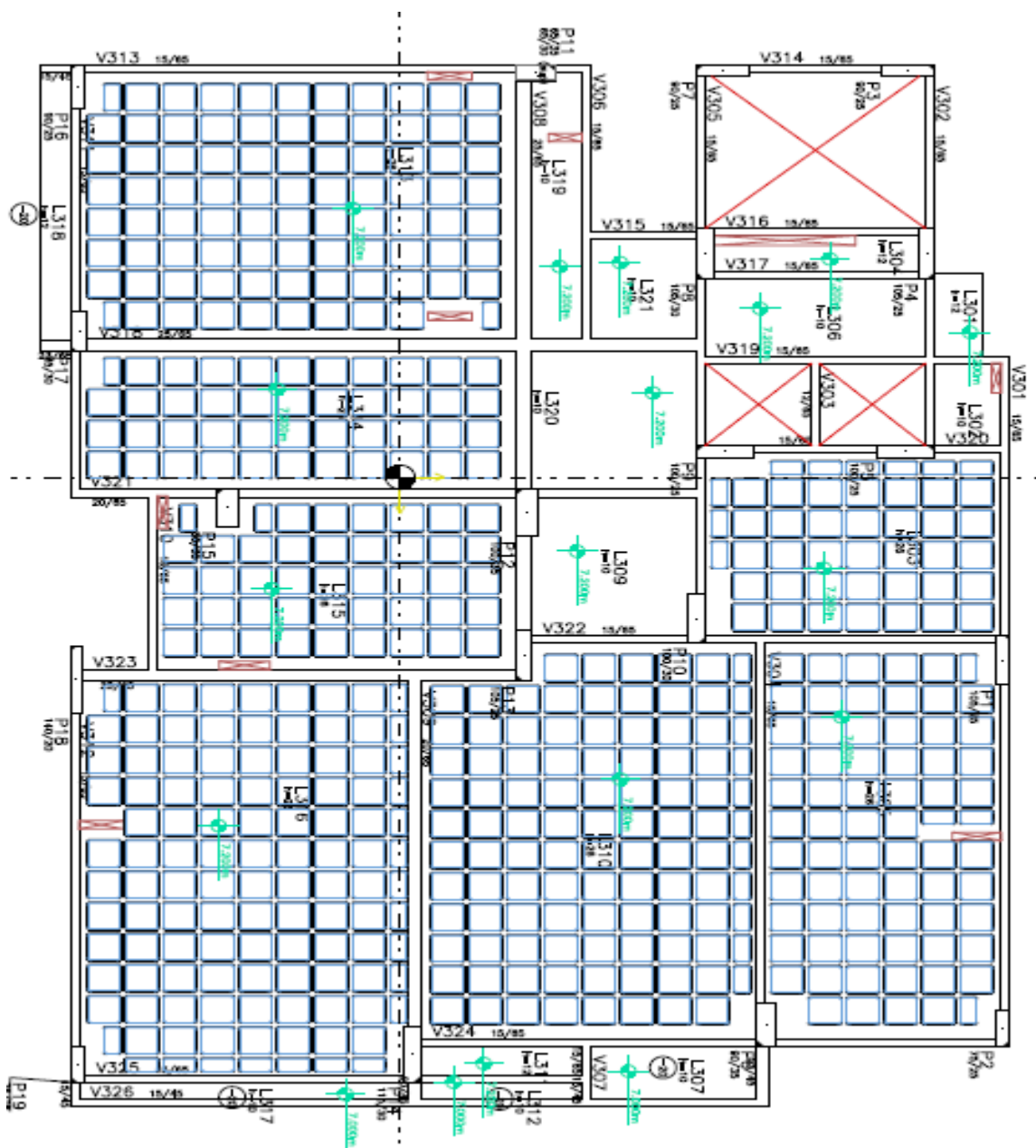
Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos (2013)

Figura 21 - Edifício 1: Detalhe do escoramento da laje e vigas internas



Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos (2013)

Figura 22 - Edifício 1: Planta de fôrma



Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos (2013)

#### 4.2 EDIFÍCIO 2: LAJE SUBSOLO

O edifício é de porte médio com 15 lajes de pavimento tipo, subsolo, térreo e coberta, localizado na cidade de João Pessoa. A laje do subsolo a ser dimensionada conta com 489,25 m<sup>2</sup> de área. As vigas têm seção que variam entre 20x60cm e 25x60cm. As fôrmas e escoramento seguem o mesmo padrão do edifício anterior com chapas de madeira compensada plastificada com 18mm de espessura e escoramento é metálico.

Em anexo encontram-se recortes das plantas de escoramento do pavimento do subsolo do edifício em ampliação (ANEXO B, C E D).

#### 4.2.1 Quantitativo estimado

Apesar das mudanças nas dimensões das vigas e o pavimento do subsolo apresentando laje nervurada e maciças, os critérios para estimar os quantitativos de fôrma e escoramento, mantém-se com o edifício 1.

Escoramento das lajes:

- v. A cada 2,25m<sup>2</sup> de área da laje, devem ser dispostas 4 escoras, espaçadas uma das outras em 1,5m;
- vi. As vigas secundárias são dispostas na direção do maior vão da laje e o espaçamento é de acordo com as dimensões das cubetas da laje nervurada, ou seja, variam de 0,50 a 0,65m;
- vii. As vigas secundárias são dispostas no sentido do menor vão da laje e espaçadas a cada 1,5m;
- viii. Nas lajes todas as escoras necessitam de tripés funcionando como uma base que distribui melhor as cargas para o piso.

Escoramento das vigas:

- iii. As escoras são espaçadas a cada 0,70m do comprimento da viga;
- iv. As presilhas e barras de ancoragem são espaçadas a cada 0,40m do comprimento da viga.

Fôrma das lajes e vigas:

- ii. As fôrmas de madeira são em chapas resinadas plastificadas com espessura de 18mm e utilizadas como assoalho das lajes e como painéis laterais e de fundo das vigas;

Nas tabelas 6 a 8 segue o resumo do quantitativo realizado.

**Tabela 6- Edifício 2: Quantitativo para a laje do dimensionamento estimado**

PAVIMENTO TIPO										
LAJE										
Laje	Comprimento (m)	largura (m)	Área (m²)	N° de escoras (PÇ)	N° de Tripés (PÇ)	N° de Cabeçal (PÇ)	N° de vigas metálicas (PÇ)	Vigas metálicas (m)	N° de vigas metálicas com madeira (PÇ)	Vigas metálica com madeira (m)
L1	4.70	0.30	1.41	3	3	3	2	9.40	8	2.4
L2	2.50	1.10	2.75	5	5	5	2	5.00	5	5.5
L3	4.40	2.10	9.24	17	17	17	2	8.80	8	16.8
L4	3.00	2.50	7.50	14	14	14	2	6.00	5	12.5
L5	4.70	1.70	7.99	15	15	15	2	9.40	8	13.6
L6	1.70	1.20	2.04	4	4	4	2	3.40	3	3.6
L7 A	13.40	19.40	259.96	463	463	463	13	174.20	23	446.2
L7 B	7.50	8.40	63.00	112	112	112	6	45.00	13	109.2
Total:	-	-	-	633	633	633	31	261.20	73	609.8

Fonte: Autora, 2016

**Tabela 7 - Edifício 2: Quantitativo para as vigas de periferia do dimensionamento estimado**

PAVIMENTO TIPO						
VIGAS DE PERIFERIA						
Viga	Comprimento para escoramento (m)	Seção (cm)	N° de escoras (PÇ)	N° de Cruzetas (PÇ)	Aprumador externo (PÇ)	Conjunto de presilhas (PÇ)
VSS - 1	19.4	20X60	28	28	28	49
VSS - 7	19.4	20X60	28	28	28	49
VSS - 9	22.2	20X60	32	32	32	56
VSS - 18	22.2	20X60	32	32	32	56
TOTAL:	-	-	120	120	120	210

Fonte: Autora, 2016

**Tabela 8 - Edifício 2: Quantitativo para as vigas internas do dimensionamento estimado**

Fonte: Autora, 2016

#### 4.2.2 Quantitativo calculado

O dimensionamento para obter os quantitativos das fôrmas e escoramento também foi realizado segundo a NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos. A partir dos cálculos e critérios estabelecidos na norma, que levam em consideração as cargas atuantes e peso específicos de cada material utilizado, descritos no item 2.3 desse trabalho, a quantidade de escoras, tripés, vigas e seus respectivos espaçamentos foram determinados, como pode ser observado nas tabelas abaixo.

Tabela 9 - Edifício 2: Quantitativo para as vigas do dimensionamento calculado

PAVIMENTO SUBSOLO							
VIGAS							
N° de escoras (PÇ)	N° de Cruzetas 0,85M (PÇ)	Aprumad or externo (PÇ)	Conjunto de presilhas 0,75M (PÇ)	Cabeçal simples (PÇ)	Sarjento Cruzeta externo (PÇ)	N° de Cruzetas 0,60M (PÇ)	Conjunto de presilhas 0,60M (PÇ)
195	6	6	46	6	106	63	76

Fonte: Autora, 2016

Tabela 10 - Edifício 2: Quantitativo para a laje de concreto do dimensionamento calculado

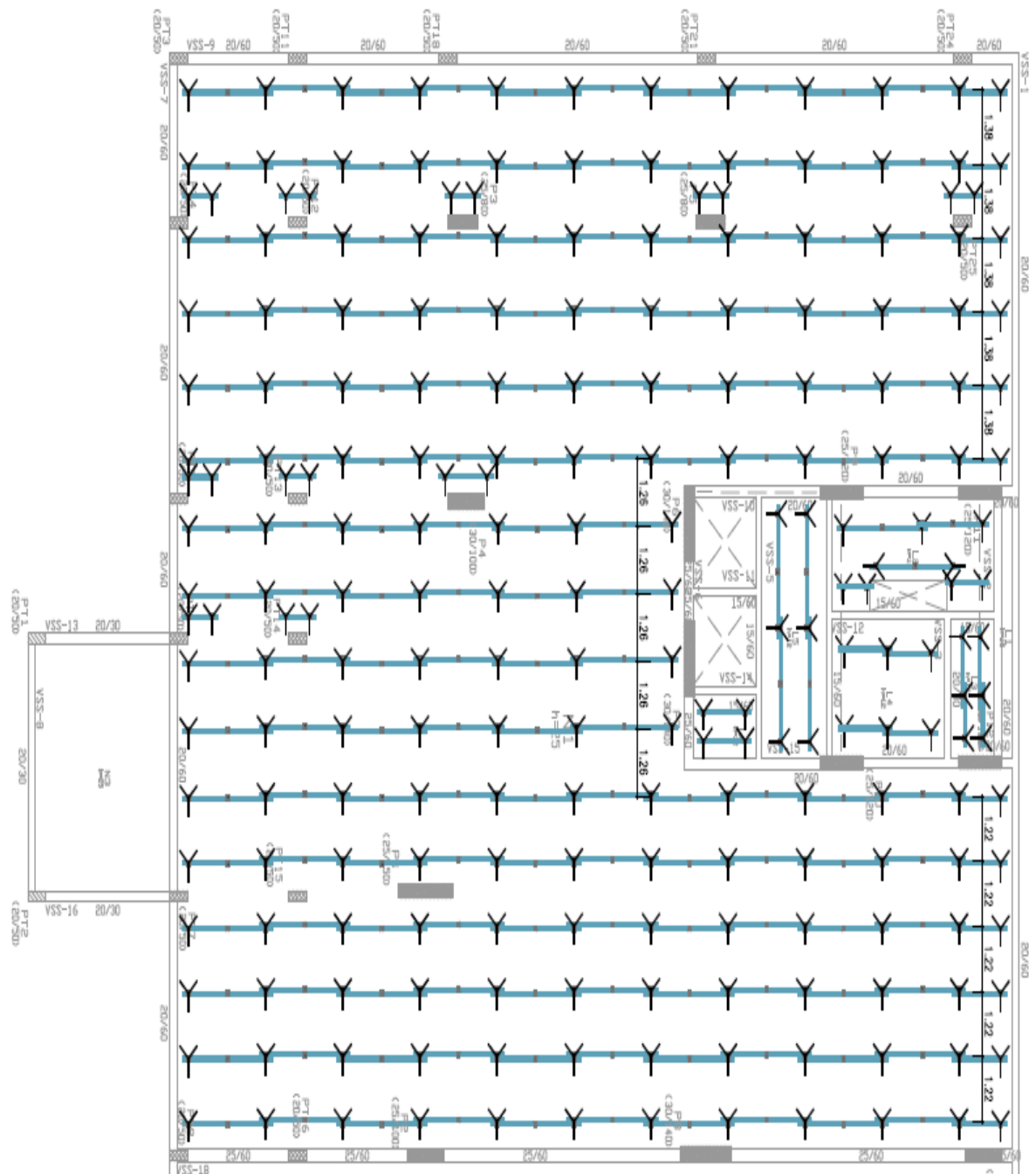
PAVIMENTO SUBSOLO					
LAJE					
N° de escoras (PÇ)	N° de Tripés (PÇ)	N° de Cabeçal (PÇ)	N° de Cabeçal DUPLO (PÇ)	Vigas metálicas (m)	Vigas metálica com madeira (m)
426	112	227	199	465.00	660

Fonte: Autora, 2016

O projeto calculado pelo profissional habilitado dispõe de plantas baixas que facilitam a execução da estrutura provisória, como mostra as figuras 23 a 25, abaixo.

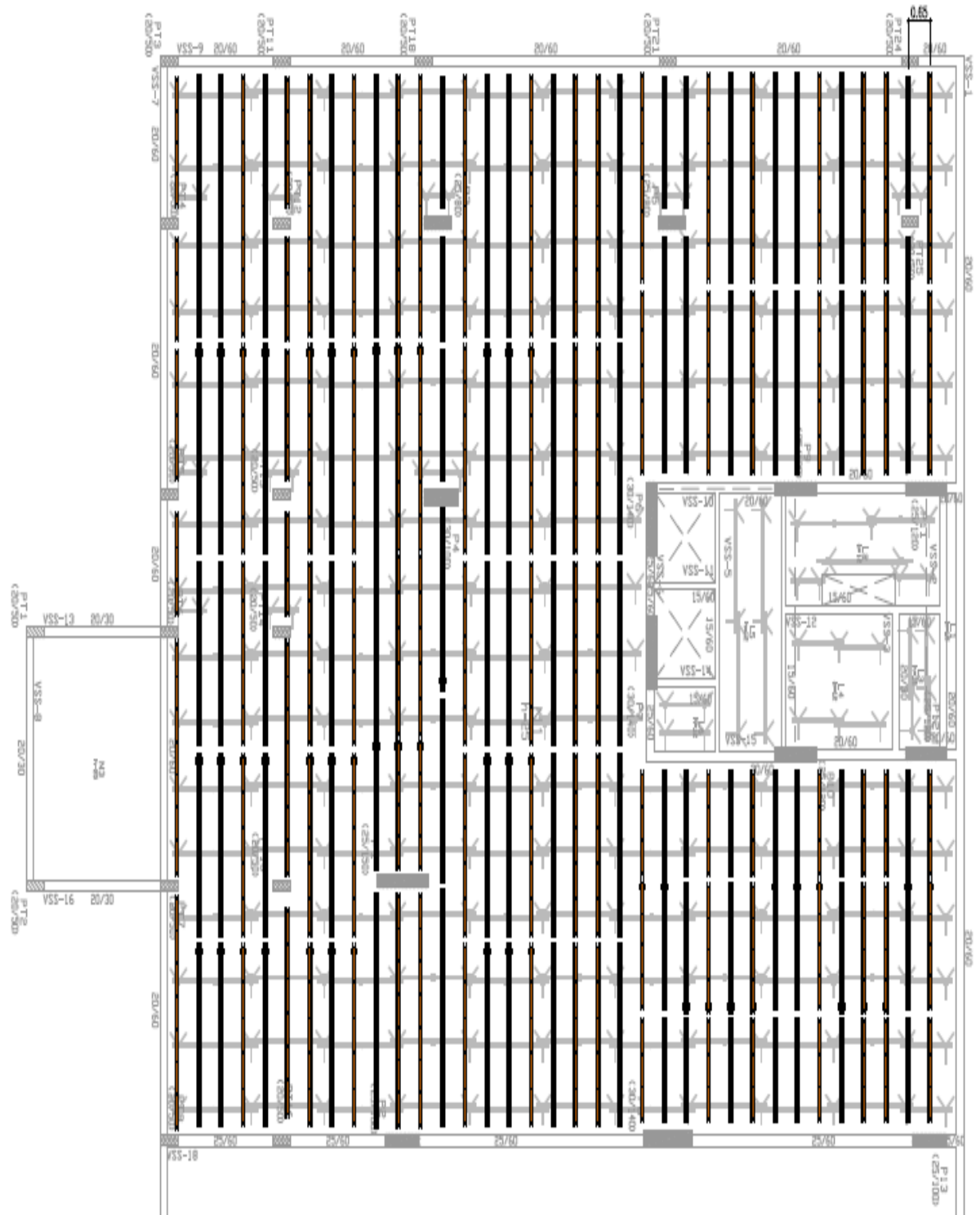


Figura 23 - Edifício 2: Planta do Cimbramento principal da laje



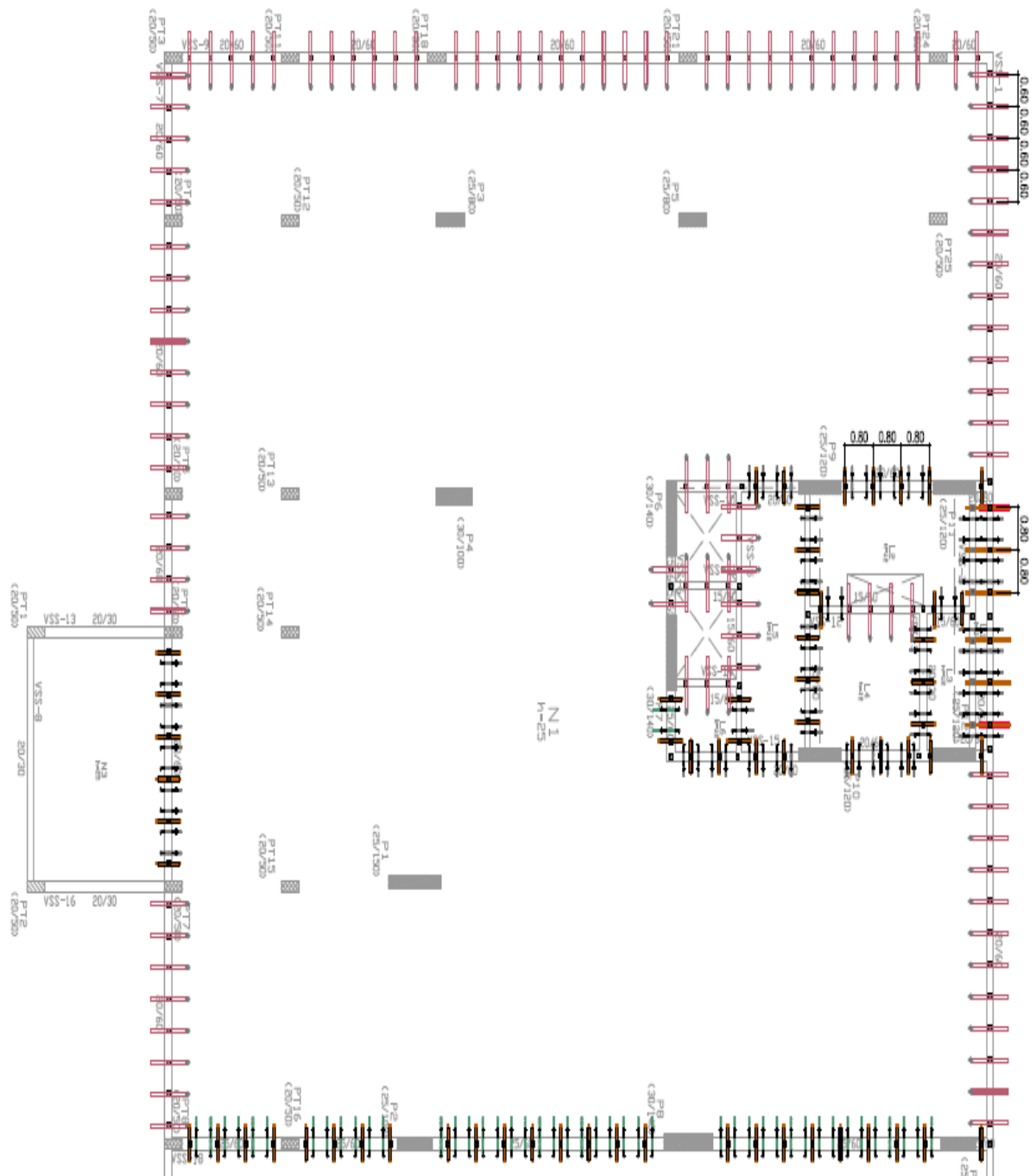
Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos (2016)

Figura 24 - Edifício 2: Planta do Cimbramento secundário da laje



Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos (2016)

Figura 25 - Edifício 2: Planta do Cimbramento das vigas



Fonte: RPA- Fôrmas e Escoramentos (2016)

### 4.3 CUSTOS

Para verificar também se há vantagem econômica entre os dimensionamentos de estruturas provisórias estimadas por gestores de obras, e calculadas por profissionais habilitados, foi realizado levantamento dos custos do quantitativo dos materiais dimensionados acima.

As tabelas 11 a 14 abaixo apresentam os custos levantados.

Tabela 11 - Edifício 1: Custo do dimensionamento estimado

EDIFÍCIO 1 : DIMENSIONAMENTO ESTIMADO				
ESCORAMENTO:				
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORAS METÁLICAS - 3,10M	PÇ	489	2.9	1418.1
TRIPÉ DE 0,90M	PÇ	489	5.49	2684.61
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	489	2.03	992.67
VIGA METÁLICA V8 S/ MADEIRA	M	254.60	3.51	893.646
VIGA METÁLICA V8LN	M	476.45	3.96	1886.742
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 7,875.77</b>
VIGA	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORA METÁLICA DE 3,10M	PÇ	227	2.9	658.3
CRUZETA DE 0,60M	PÇ	120	2.48	297.6
CRUZETA DE 0,85M	PÇ	107	3.33	356.31
APRUMADOR EXTERNO PARA VIGAS	PÇ	107	2.25	240.75
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	227	2.03	460.81
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,60M	PÇ	206	3.02	622.12
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,75M	PÇ	181	3.33	602.73
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 3,238.62</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>R\$ 11,114.39</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>\$ 3,284.78</b>
FÔRMA:				
VIGA	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
CHAPA COMPENSADA 18MM PLASTIFICADAS DE 122X244CM	PÇS	89.00	144.27	12840.03
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
CHAPA COMPENSADA 18MM PLASTIFICADAS DE 122X244CM	PÇS	91.00	144.27	13128.57
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 25,968.60</b>
<b>TOTAL:</b>				<b>\$ 7,674.84</b>

Fonte: Autora, 2016

Tabela 12 - Edifício 1: Custo do dimensionamento calculado

EDIFÍCIO 1 : DIMENSIONAMENTO CALCULADO				
ESCORAMENTO:				
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORAS METÁLICAS - 3,10M	PÇ	388	2.9	1125.2
TRIPÉ DE 0,90M	PÇ	145	5.49	796.05
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	388	2.03	787.64
VIGA METÁLICA V8 S/ MADEIRA	M	274.70	3.51	964.197
VIGA METÁLICA V8LN	M	350.3	3.96	1387.188
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 5,060.28</b>
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORA METÁLICA DE 3,10M	PÇ	201	2.9	582.9
CRUZETA DE 0,60M	PÇ	107	2.48	265.36
CRUZETA DE 0,85M	PÇ	94	3.33	313.02
APRUMADOR EXTERNO PARA VIGAS	PÇ	94	2.25	211.5
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	201	2.03	408.03
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,60M	PÇ	165	3.02	498.3
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,75M	PÇ	145	3.33	482.85
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 2,761.96</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>R\$ 7,822.24</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>\$ 2,311.81</b>
FÔRMA:				
VIGA	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
CHAPA COMPENSADA 18MM PLASTIFICADAS DE 122X244CM	PÇS	83.00	144.27	11974.41
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
CHAPA COMPENSADA 18MM PLASTIFICADAS DE 122X244CM	PÇS	100.00	144.27	14427
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 26,401.41</b>
<b>TOTAL:</b>				<b>\$ 7,802.76</b>

Fonte: Autora, 2016

Tabela 13 - Edifício 2: Custo do dimensionamento estimado

EDIFÍCIO 2 : DIMENSIONAMENTO ESTIMADO				
ESCORAMENTO:				
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORAS METÁLICAS - 3,10M	PÇ	633	2.9	1835.7
TRIPÉ DE 0,90M	PÇ	633	5.49	3475.17
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	633	2.03	1284.99
VIGA METÁLICA V8 S/ MADEIRA	M	261.20	3.51	916.812
VIGA METÁLICA V8LN	M	609.8	3.96	2414.808
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 9,927.48</b>
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORA METÁLICA DE 3,10M	PÇ	190	2.9	551
CRUZETA DE 0,60M	PÇ	70	2.48	173.6
CRUZETA DE 0,85M	PÇ	120	3.33	399.6
APRUMADOR EXTERNO PARA VIGAS	PÇ	120	2.25	270
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	190	2.03	385.7
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,60M	PÇ	118	3.02	356.36
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,75M	PÇ	210	3.33	699.3
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 2,835.56</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>R\$ 12,763.04</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>\$ 3,772.03</b>

Fonte: Autora, 2016

Tabela 14 - Edifício 2: Custo do dimensionamento calculado

EDIFÍCIO 2 : DIMENSIONAMENTO CALCULADO				
ESCORAMENTO:				
LAJE	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORAS METÁLICAS - 3,10M	PÇ	426	2.9	1235.40
TRIPÉ DE 0,90M	PÇ	112	5.49	614.88
CABEÇAL DUPLO	PÇ	199	2.75	547.25
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	227	2.03	460.81
VIGA METÁLICA V8 S/ MADEIRA	M	465.00	3.51	1632.15
VIGA METÁLICA V8LN	M	660	3.96	2613.60
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 7,104.09</b>
VIGA	UNIDADE	QUANTIDADE	PREÇO UNITÁRIO	PREÇO TOTAL
ESCORA METÁLICA DE 3,10M	PÇ	195	2.9	565.5
SARGENTO CRUZETA EXTERNO	PÇ	106	6.03	639.18
CRUZETA DE 0,60M	PÇ	63	2.48	156.24
CRUZETA DE 0,85M	PÇ	6	3.33	19.98
APRUMADOR EXTERNO PARA VIGAS	PÇ	6	2.25	13.5
CABEÇAL SIMPLES	PÇ	6	2.03	12.18
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,60M	PÇ	76	3.02	229.52
CONJUNTO DE PRESILHA DE 0,75M	PÇ	46	3.03	139.38
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 1,775.48</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>R\$ 8,879.57</b>
<b>TOTAL GERAL:</b>				<b>\$ 2,624.30</b>

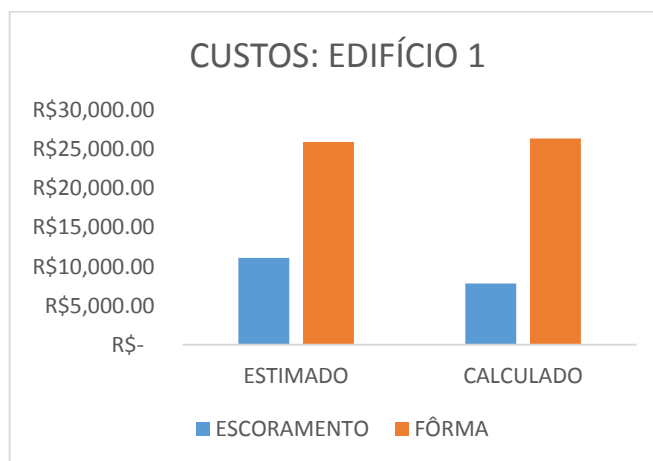
Fonte: Autora, 2016

Os valores de cada item foram retirados de uma mesma fonte para simplificar a análise e comparativos.

## 5 RESULTADOS

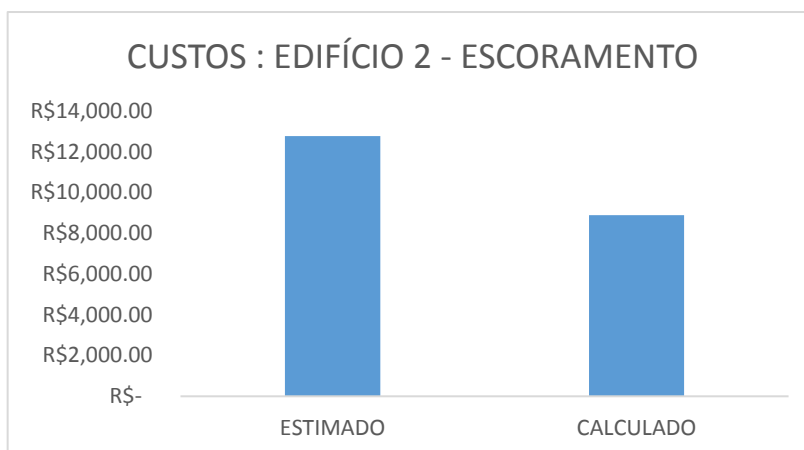
A partir das figuras 26 e 27 a seguir, é possível observar pelos exemplos dos dois projetos dos edifícios avaliados que a vantagem econômica quanto ao dimensionamento de estruturas provisórias por profissionais habilitados realmente é evidente na prática. No edifício 1, o custo do escoramento estimado é 32,92% superior ao calculado e para o edifício 2 é 38,83% superior.

**Figura 26 - Edifício 1: Gráfico comparativo de custos de escoramento e fôrma estimado e calculado**



Fonte: Autora, 2016

**Figura 27 - Edifício 2: Gráfico comparativo de custos de escoramento estimado e calculado**



Fonte: Autora, 2016

A literatura técnica de obras de construção civil indica que a análise de custo é um fator muito importante, devido ao percentual que essa etapa ocupa na estrutura e no orçamento final de toda a obra.

Quanto aos quantitativos de materiais, o dimensionamento estimado, tornou-se superdimensionado com quantidade excessiva de materiais.

Em relação à segurança, os dois casos em que a estrutura foi estimada mostram o escoramento superdimensionado, isso significa que a quantidade de material empregado para dar sustentação ao lançamento e adensamento do concreto fluído, foi excessiva e desnecessária para garantir segurança da estrutura.

Para o escoramento dimensionado, a segurança é uma dos objetivos a ser sempre seguida, utilizando os procedimentos definidos nas normas vigentes do país citadas no trabalho.

A locomoção de funcionários no canteiro de obra a partir da disposição do escoramento estimado é mais dificultoso, isso devido ao excesso de escoras e da necessidade, segundo o mestre, de todas as escoras da laje necessitarem do tripé. O que não ocorreu no dimensionamento realizado pelo profissional habilitado, em razão da racionalidade obtida a partir dos cálculos observou que algumas escoras não necessitavam desse alargamento da base proporcionado pelos tripés.

A importância de se procurar um profissional habilitado para a realização do dimensionamento de escoramento e fôrmas, de acordo com os exemplos de estudo de caso, foi afirmada. Dimensionar é definir as dimensões de uma peça de forma que ela possa permitir a estrutura a qual está dando suporte, segurança durante sua moldagem (no caso do escoramento e fôrmas), e também permitir que se tenha economia, determinando apenas a quantidade necessária para finalidade.

O projeto realizado pelo calculista, com o grau de detalhes exigidos por norma (descrito nos itens 2.3.1 e 2.3.2 deste trabalho), em que há desenhos que mostram detalhamento das peças a ser colocadas no escoramento, plantas de forma e cortes, disposição das peças (vigas, escoras, apuradores, entre outros), cotas com espaçamentos entre as peças, descrição dos materiais nas legendas dos projetos, especificação do material utilizado nas fôrmas e suas respectivas espessuras, facilitam a execução da etapa construtiva de uma obra, e a determinação dos quantitativos para o orçamento dos materiais e conseqüentemente agiliza o processo de construção diminuindo o prazo de entrega da obra.

## 6 CONCLUSÃO

Dimensionar corretamente estruturas provisórias para concreto armado é tão importante quanto dimensionar as próprias estruturas de concreto. Isso fica evidente a partir do momento em que se viu a necessidade de criar a NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos.

Faz parte do planejamento de uma obra pensar em todas as etapas construtivas a serem realizadas, porém a fase de fôrma e escoramentos das estruturas, por vezes, erroneamente, acaba ficando de fora desse planejamento.

Além disso, sabendo da porcentagem significativa que essa etapa constitui em relação ao custo orçamentário da estrutura e de obra total, é evidente a importância dos escoramentos e das fôrmas para os elementos de concreto no contexto do projeto para a execução.

A determinação dos custos total da estrutura de um edifício é essencial, justificando assim, o estudo detalhado do dimensionamento das fôrmas e escoramentos do projeto..

O profissional habilitado dimensiona o projeto de cimbramento e fôrmas adequando as necessidades e características de cada tipo de obra a ser construída. Levando em conta os materiais a serem utilizados, número de reutilizações nas fôrmas, acabamento desejado nas estruturas de concreto, entre outras características singulares que devem ser levadas em conta.

A utilização do projeto de fôrmas e escoramento proporciona economia em outros aspectos. Os materiais dimensionados corretamente, serão utilizados sem desperdício, atendendo especificamente a obra a que se destina, a necessidade de reparos nas estruturas de concreto devido a imperfeições da forma, diminuem e assim acaba se tendo racionalização nessa etapa construtiva atrelada a segurança estrutural, ou seja, se tem um serviço de qualidade com a amenização dos erros.

O objetivo desse trabalho foi alcançado a partir do momento em que as vantagens do projeto e dimensionamento das estruturas provisórias por profissionais habilitados foram verificadas e apontadas de forma positiva. E com isso se comprova que a realização desse projeto é um dos parâmetros para se chegar a lucratividade e segurança, objetivo dos empreendimentos.

Ainda há muito a ser feito, é necessário a conscientização dos construtores e gestores de obras do quanto é importante a realização de um dimensionamento correto da etapa de fôrma. É também necessário que se possa destacar, as vantagens que esse tipo de projeto oferece, em termos econômicos, de rapidez na execução da obra, de segurança e de adequação as características individuais de cada obra.

Esse reconhecimento deve vir desde a graduação, pois são os alunos da graduação que mais tarde serão esses calculistas e/ ou engenheiros de gestão de obra.



Tratar o dimensionamento de estruturas provisórias como uma forma de minimizar erros de execução de escoramentos e fôrmas, reduzir patologias nas estruturas de concreto, agilidade na execução dessa etapa construtiva, entre outros, através de projeto executado por profissional habilitado é uma forma de minimizar os efeitos da crise econômica em que se encontra a construção civil atualmente, já que, é passar a valorizar o profissional calculista e também a economia para obra como um todo.

## 7 REFERÊNCIAS

ASSAHI, Paulo Nobuyoshi. Sistema de fôrmas para estrutura de concreto, 2005. Disponível em: <[http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736\\_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado\\_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20%20SISTEMAS%20DE%20F%20D4RMAS.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/TB736_construcao%20de%20edificios/Estruturas%20de%20Concreto%20Armado_agosto%20de%202005/Texto%20Paulo%20Assahi%20%20SISTEMAS%20DE%20F%20D4RMAS.pdf)>. Acesso: 15/10/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, Dimensionamento e Procedimentos Executivos, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 14931 – Execução de estruturas de concreto- Procedimento, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 6118 – Projetos de estruturas de concreto- Procedimento, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 7190 – Projetos de estruturas de madeira, 1997.

ABCP. Manual de Estruturas de Concreto Armado. Associação Brasileira de Cimento Portland. Versão Preliminar. 2002.

CARMO, Eduardo João Zanotto do. Fôrmas e escoramentos. Dissertação apresentada à Universidade São Francisco, 2007.

DENGE UEPG. Fôrmas. Disponível em: <[www.uepg.br/denge/aulas/formas/Formas.doc](http://www.uepg.br/denge/aulas/formas/Formas.doc)> Acesso em 15/12/2016.

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

NAZAR, M. Fôrmas e escoramentos para edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema. São Paulo: Pini, 2007.

OLIVEIRA, Bárbara Marega da Silva. Relatório de estágio. Disponível em: <<https://editor.ifpb.edu.br/campi/joaopessoa/cursos/cursosuperioresdetecnologia/construcaodeedificios/arquivos/documentos/Relatorio%20Barbara%20Marega%20da%20Silva%20Oliveira.pdf>> Acesso em 15/10/2016.

Portal dos Equipamentos. Disponível em: <<http://www.portaldosequipamentos.com.br>> Acesso em 15/11/2016

REZENDE, Rômulo Barbosa. Uma visão sobre o uso de fôrmas e escoramentos em cidades de grande, médio e pequeno porte do Brasil central e as novas diretrizes Normativas. 164 f. Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia civil de Uberlândia da Universidade Federal de Uberlândia, 2010.

RIBBELER, R.C. Resistência dos Materiais. 7ª Edição. 2004. Disponível em: <[http://joinville.ifsc.edu.br/~rubens.hesse/resistencia/Resistencia-dos-materiaisR\\_C.Hibbeler\\_-.pdf](http://joinville.ifsc.edu.br/~rubens.hesse/resistencia/Resistencia-dos-materiaisR_C.Hibbeler_-.pdf)> Acesso em 15/10/2016.

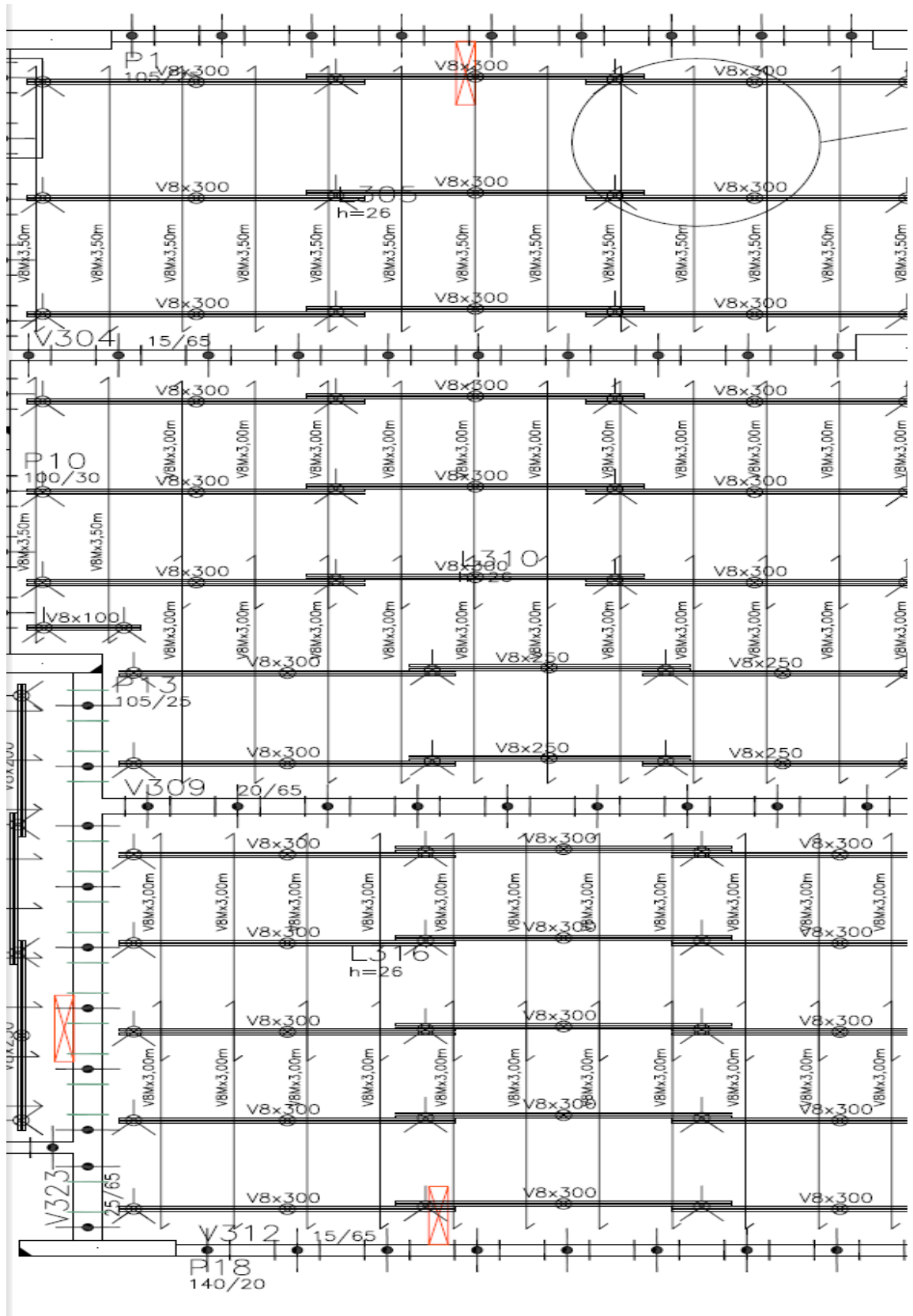
RPA – Fôrmas e Escoramentos. Disponível em: < <http://www.rpaltda.com.br/>>. Acesso: 17/10/2016.

SILVA, José Oliveira. Fôrmas Concreto Armado, 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAf4WcAF/formas-concreto-armado>> Acesso em 15/10/2016.

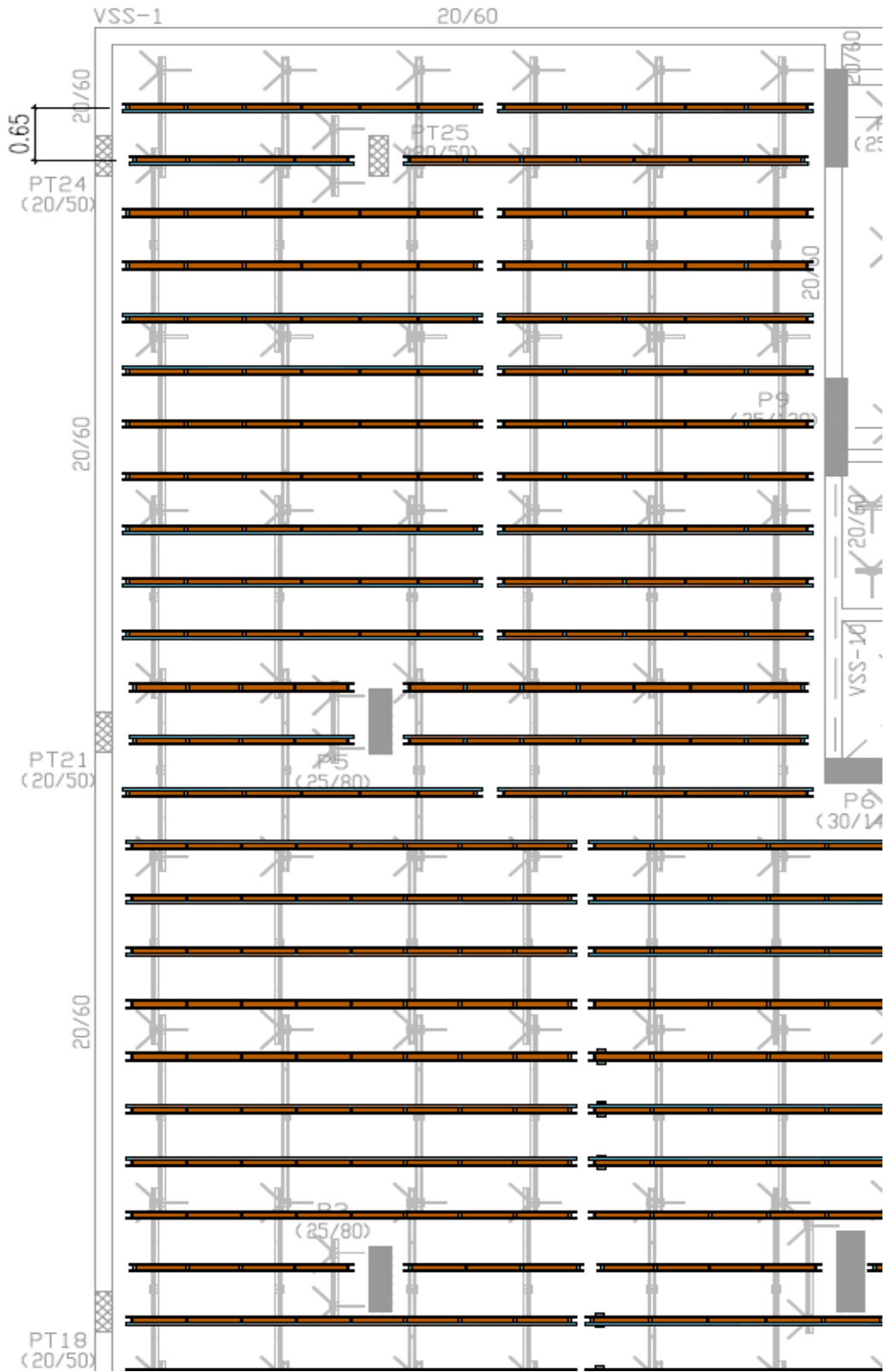
Ziani Florestal. Disponível em: <<http://www.zianiflorestal.com.br>> Acesso em 15/10/2016.

8 ANEXOS

ANEXO A- ESCORAMENTO - EDIFÍCIO 1

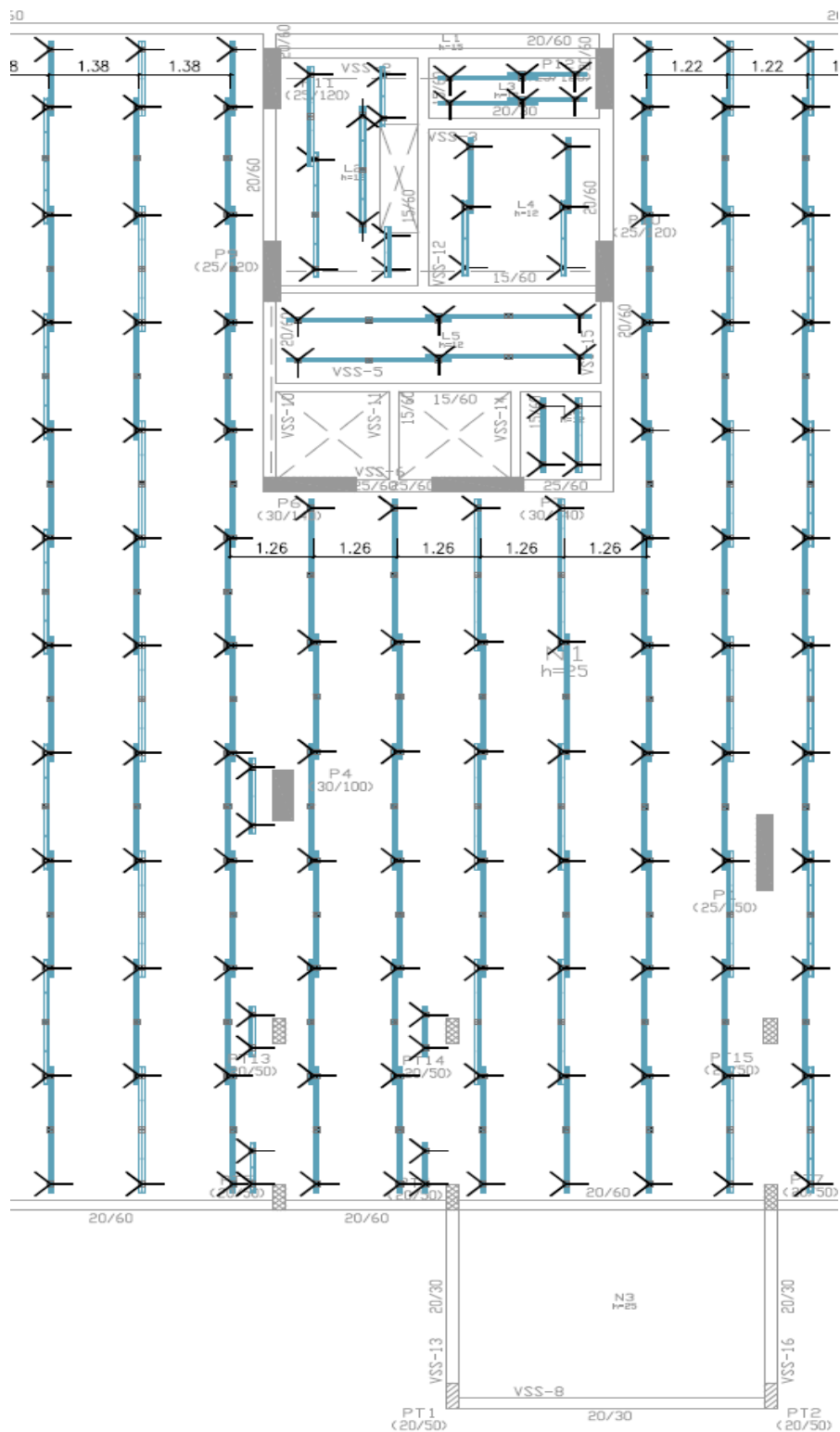


ANEXO B – ESCORAMENTO SECUNDÁRIO - EDIFÍCIO 2



Fonte: RPA – Fôrmas e Escoramentos (2003)

ANEXO C – ESCORAMENTO PRICIPAL - EDIFÍCIO 2



Fonte: RPA – Fôrmas e Escoramentos (2003)

