

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

**MARCOS BEDENAROSKI**

**DIRETRIZES PARA ESCORAMENTO METÁLICO PARA LAJES DE  
CONCRETO MOLDADAS IN LOCO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO  
2021**

**MARCOS BEDENAROSKI**

**DIRETRIZES PARA ESCORAMENTO METÁLICO PARA LAJES DE  
CONCRETO MOLDADAS IN LOCO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito parcial para a conclusão do curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elizângela Marcelo Siliprandi

SEI/UTFPR - 2007718 - Graduação: Termo de Aprovação TCC Aluno



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEP. ACADEMICO DE CONSTR. CIVIL DACOC-PB

## TERMO DE APROVAÇÃO

## TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

## DIRETRIZES PARA ESCORAMENTO METÁLICO PARA LAJES DE CONCRETO MOLDADAS IN LOCO

Por  
MARCOS BEDENAROSKI

Monografia apresentada às 13 horas 50 min. do dia 06 de maio de 2021, como requisito parcial, para conclusão do Curso de ENGENHARIA CIVIL da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. CLEOVIR MILANI	Membro
Prof. Dr. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO	Membro
Profª. Drª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI	Orientador
Profª. Drª. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI	Professor(a) responsável TCCII



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **ELIZANGELA MARCELO SILIPRANDI, PROFESSOR(A) ORIENTADOR(A)**, em (at) 06/05/2021, às 20:01, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **JOSE ILO PEREIRA FILHO, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO**, em (at) 10/05/2021, às 09:32, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por (Document electronically signed by) **CLEOVIR JOSE MILANI, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO**, em (at) 10/05/2021, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília (according to official Brasília-Brazil time), com fundamento no (with legal based on) art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) [https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador (informing the verification code) **2007718** e o código CRC (and the CRC code) **CBE996BA**.

## RESUMO

BEDENAROSKI, Marcos. **Diretrizes para escoramento metálico para lajes de concreto moldadas in loco**. 2021, 75 pág. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, 2021.

No intuito de diminuir os desperdícios e custos da construção civil e consequentemente aumentar a produtividade e a busca por novas tecnologias e melhorias nos canteiros de obra novos materiais vêm sendo aperfeiçoados e reaproveitados. Para o escoramento de lajes, é usualmente utilizado escoras madeira cerrada, estas dificultam o processo construtivo e requerem muita mão-de-obra. Elas passaram a ser substituídas por escoras metálicas, que são de fácil montagem, podendo ser utilizadas inúmeras vezes, facilitando a montagem da laje. Para direcionar o dimensionamento com estas estruturas são encontrados a NBR 15696:2009 e o Manual de escoramento Doka (2014). Entretanto, no Brasil ainda são escassos os trabalhos que comparem e verifiquem se estas estruturas metálicas atendem aos requisitos pré-estabelecidos nestes guias. O objetivo deste trabalho é definir os parâmetros para o escoramento metálico de lajes maciças em concreto durante a etapa de construção. Para isto, foram analisados projetos de obras da região de Pato Branco/PR de escoramento metálico em lajes maciças de concreto. Estes projetos foram comparados com a norma NBR 15696:2009 e com o manual já citados, a fim de verificar se os mesmos atendiam todas as exigências. Foi possível verificar sobre quais parâmetros os projetos de escoramento metálicos são elaborados, onde se é levado em conta o pé direito da laje e sua espessura, a base de apoio do escoramento assim como suas distâncias máximas e mínimas.

**Palavras-Chave:** Escoramento metálico. Projetos de escoramento. Lajes de concreto.

## ABSTRACT

BEDENAROSKI, Marcos. Guidelines for metallic shoring for concrete slabs molded in loco. 2021, 75 pages. Graduation Course in Civil Engineering - Academic Department of Civil Construction, Federal Technological University of Paraná - UTFPR, Pato Branco, 2021.

In order to reduce waste and costs of civil construction and consequently increase productivity and the search for new technologies and improvements in construction sites, new materials have been improved and reused. For the shoring of the beams, wood is usually used, they hamper the construction process and require a lot of labor. They started to be replaced by metal struts, which are easy to assemble, have a high utilization and facilitate the work in all ways. To direct the design with these structures, NBR 15696: 2009 and the Doka shoring manual (2014) are found. However, in Brazil there are still few studies that compare and verify whether these metallic structures meet the requirements pre-established in these guides. The objective of this work is to define the guidelines for the metallic shoring of solid concrete slabs during the construction stage. For this, projects of works of the region of Pato Branco / PR of metallic shoring in solid concrete slabs were analyzed. These projects were compared with the standard NBR 15696: 2009 and with the manual already mentioned, in order to verify if they met all requirements. It was possible to verify on which parameters the metallic shoring projects are elaborated, taking into account the right foot of the slab and its thickness, the support base of the shoring as well as its maximum and minimum distances.

**Keys Words:** Metallic shoring. Shoring projects. Concrete slabs.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Superdimensionada .....	13
Figura 2 - Falha em escoramento de laje .....	13
Figura 3 - Escoras em madeira .....	23
Figura 4 - Escora metálica .....	24
Figura 5 - Conjunto para escora metálica.....	25
Figura 6 - Cimbramento Metálico .....	26
Figura 7 - Conjunto Torre Metálica.....	26
Figura 8 - Conjunto torre Metálica .....	27
Figura 9 - Montagem Cimbramento Metálico.....	28
Figura 10 - Fixação do cimbramento metálico.....	28
Figura 11 - Complementação do sistema de Cimbramento Metálico.....	29
Figura 12 - Laje maciça em protensão .....	31
Figura 13 – Distância das vigas em um sistema de lajes .....	36
Figura 14 – Módulo básico de uma laje.....	38
Figura 15 – Cabeça de quatro vias .....	38
Figura 16 – Cruz diagonal .....	39
Figura 17 – Base ajustável.....	39
Figura 18 - Cruz Diagonal .....	40
Figura 19 – Áreas de influência de carga para o cálculo das reações de apoio .....	40
Figura 20 – Etapas para a realização do trabalho .....	42
Figura 21 – Acompanhamento da Obra do Projeto 1 .....	45
Figura 22 - Projeto de Escoramento 1.....	46
Figura 23 - Detalhe da planta do projeto de escoramento 1 .....	47
Figura 24 – Detalhe em corte do projeto de escoramento 1 .....	48
Figura 25 - Corte esquemático do projeto de escoramento 1 .....	49
Figura 26 – Tabela de equipamentos do projeto de escoramento 1 .....	50
Figura 27 - Projeto de Escoramento 2.....	52
Figura 28 – Detalhe de corte da planta do projeto de escoramento 2 .....	53
Figura 29 – Detalhe de corte do projeto de escoramento 2 .....	54
Figura 30 – Corte esquemático do projeto de escoramento 2 .....	55
Figura 31 – Tabela de equipamentos do projeto de escoramento 2 .....	55
Figura 32 - Projeto de Escoramento 3.....	58
Figura 33 – Detalhe de corte da planta do projeto de escoramento 3 .....	59

Figura 34 – Detalhe de corte do projeto de escoramento 3 .....	60
Figura 35 – Corte esquemático do projeto de escoramento 3 .....	61
Figura 36 – Tabela de equipamentos do projeto de escoramento 3 .....	62
Figura 37 - Projeto de escoramento 4 .....	63
Figura 38 – Detalhe de corte da planta do projeto de escoramento 4 .....	64
Figura 39 – Acompanhamento da obra do Projeto 4 .....	65
Figura 40 - Corte do projeto de escoramento 4 .....	66
Figura 41 - Corte esquemático do projeto de escoramento 4 .....	67
Figura 42 – Tabela de equipamentos do projeto de escoramento 4 .....	67

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Espessura da laje de acordo com o fator de carga $\alpha$ .....	42
Quadro 2 – Espessuras e pesos dos módulos básicos .....	43
Quadro 3 – Especificação da cruz diagonal e seus determinados pesos .....	44
Quadro 4 – Projetos de Escoramento metálico .....	46
Quadro 5 – – Informativo dos projetos utilizados para comparação e determinação dos parâmetros do escoramento .....	70
Quadro 6 – Parâmetros dos Projetos de Escoramento metálico .....	70



## LISTA DE SIGLAS

<b><math>EG</math></b>	Coeficiente de ponderação do concreto
<b><math>EG_{PROJETO}</math></b>	Coeficiente de ponderação do projeto
<b><math>Fd</math></b>	Valor de cálculo da ação
<b><math>L</math></b>	Distância entre os apoios de cada elemento estrutural
<b><math>N_{ESTADO DE CONSTRUÇÃO}</math></b>	Resistência obtida pelo fator de carga durante a construção
<b><math>N_{ESTADO FINAL}</math></b>	Resistência obtida no estado final da construção
<b><math>R_d</math></b>	Resistência de projeto
<b><math>R_k</math></b>	Resistência característica do material
<b><math>\gamma_w</math></b>	Coeficiente de ponderação do material
<b><math>\mu_{TOTAL}</math></b>	Máxima flecha que ocorre no elemento
<b><math>\mu_{LIM}</math></b>	Deformação-limite
<b><math>\alpha</math></b>	Fator de carga

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS .....	14
1.1.1	Objetivo Geral .....	14
1.1.2	Objetivos Específicos .....	14
1.2	JUSTIFICATIVA .....	15
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
2.1	METAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL .....	17
2.1.1	METAIS .....	17
2.1.2	PROPRIEDADES E VANTAGENS DO USO DO AÇO.....	17
2.2	FÔRMAS.....	20
2.3	ESCORAS.....	21
2.3.1	Uso de escoras de madeira .....	23
2.3.2	Uso de escoras metálicas .....	24
2.4	USO DE TORRES METÁLICAS.....	25
2.5	TIPOS DE LAJE .....	29
2.5.1	Lajes maciça .....	30
2.5.2	Lajes de concreto protendido .....	30
2.6	NORMA NBR 15696:2009.....	31
2.6.1	Estados-limites últimos .....	31
2.6.2	Cargas .....	32
2.6.3	Estados-limites de utilização .....	32
2.6.4	Requisitos para fôrmas .....	33
2.6.5	Cuidados na Concretagem.....	33
2.6.6	Retirada da fôrma de escoramento .....	34
2.6.7	Equipamentos Metálicos .....	34
2.6.8	Reescoramento.....	35
2.6.9	Torre de Carga.....	35
2.7	MANUAL DO FORNECEDOR DOKA.....	35
2.7.1	SISTEMA DE ESCORAS .....	36
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>41</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>44</b>
4.1	PROJETOS ANALISADOS .....	45

4.1.1	Projeto 1 .....	45
4.1.2	Projeto 2 .....	50
4.1.3	Projeto 3 .....	56
4.1.4	Projeto 4 .....	62
4.1.5	Parâmetros do escoramento .....	68
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Um fator muito importante na construção civil, é a velocidade que se realiza um trabalho, tem-se processos cada vez mais elaborados e materiais mais desenvolvidos a fim de aumentar a produtividade, diminuir o desperdício, erros, improvisos, baixa produtividade e furos no orçamento com construções cada vez mais bem planejadas, orçadas e executadas (PINI, 2008).

A construção civil tem buscado melhorias em seus processos, buscando novos métodos construtivos e novos materiais que possam ser reaproveitados. Dentro disso novos tipos de escoras surgiram afim de substituir o método tradicional, que faz uso de escoras de madeiras para escoramento de vigas. Tendo estas um baixo reaproveitamento.

Estas novas escoras são metálicas que além de ter um alto reaproveitamento, elas trazem agilidade em sua montagem, além de suportarem cargas bem maiores que as de madeiras, assim tendo uma obra mais limpa e organizada (FIGUEIREDO, 2014).

As estruturas de concreto devem ser realizadas de modo a atender com segurança, estabilidade e aptidão durante sua vida útil, sendo necessário projetos complementares de fôrmas e escoras para garantir a máxima qualidade da laje como cita a NBR 6118 - Projeto de estruturas de concreto — Procedimento (ABNT,2014). O sistema de escoramento de uma laje se faz necessário para garantir a segurança e estabilidade do sistema.

Ainda na construção civil, há uma resistência por parte dos projetistas em realizar projetos de escoramento, geralmente deixando a cargo do mestre de obra ou do responsável pela execução da obra, em vezes ficando superdimensionadas acarretando em um maior consumo de material e mão de obra como vimos na Figura 1 onde através de uma visita ao canteiro de obras se verificou um uso de escoras metálicas muito próximas, ou subdimensionada aumentando o risco de acidentes como demonstra na Figura 2 (FIGUEIREDO, 2014).



**Figura 1 - Superdimensionada**  
**Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.**



**Figura 2 - Falha em escoramento de laje**  
**Fonte: Globo, 2020.**

Estruturas de escoramento subdimensionadas podem acarretar em grandes desastres, colocando a segurança da estrutura, e a vida das pessoas em risco. Estruturas superdimensionadas acarretam no gasto desnecessário em material, e na sua montagem, além de deixar o canteiro de obra com excesso de material dificultando a circulação de pessoas e materiais.

As estruturas de concreto são amplamente utilizadas em todo o mundo, onde necessitam de um sistema de fôrmas que moldam as lajes, assim como as escoras que dão suporte ao elemento, uma estrutura depende da outra, além das formas auxiliarem a sustentação de materiais e funcionários. As escoras evitam a deformação prejudicial do elemento na fase de cura, portanto a escolha correta do material é de

extrema importância, onde muitas vezes a madeira utilizada, vem sem especificações, sendo suscetível a variações do tempo, alterando seu estado de deformação e tensão (REZENDE, 2010).

Considerando estes fatores, este trabalho tem como objetivo, determinar os parâmetros para realização de projetos de escoramento metálico para lajes de concreto, moldadas *in loco*, assim como evidenciar a importância da realização de um projeto de escoramento que na maioria das vezes passa despercebido pelos profissionais da engenharia, deixando a cargo dos trabalhadores que executam a obra a montagem e alocação do escoramento, se baseando apenas no empirismo, e não em normas, livros e catálogos. A partir disso este trabalho vem para responder a seguinte pergunta: Quais parâmetros que devem ser considerados para o desenvolvimento de um projeto de escoramento metálico para lajes de concreto?

Assim o desenvolvimento deste trabalho foi dividido em três etapas, sendo a primeira, o desenvolvimento da introdução, objetivos e justificativa; na sequência, o referencial teórico, apresentando os tipos de escoras metálicas e de lajes mais usuais na construção civil, citando as normas que são consideradas para o escoramento metálico, assim como os catálogos das empresas fornecedoras. Por fim a partir de um levantamento de campo buscando conhecer o mercado local, verificando como é realizado o processo de escoramento, foram elencados parâmetros para o desenvolvimento de projetos e execução do escoramento metálico, e apresentado nas considerações finais deste trabalho.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este Trabalho tem por objetivo definir diretrizes para o escoramento metálico de lajes maciças em concreto durante a etapa de construção.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Levantar o que prevê as normas existentes sobre escoramento;
- Identificar em manuais de fornecedores de escoras metálicas parâmetros adotados, bem como possíveis similaridades entre eles;

- Analisar projetos de escoramento definindo sobre quais parâmetros metálicos mesmos foram desenvolvidos.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil tem um déficit habitacional muito grande, dados de 2015 mostram que tem um déficit de 6,3 milhões de habitações de acordo com o PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, 2015). Isso demonstra a necessidade e a importância da construção civil para sanar esta falta de moradia. Neste cenário, novas tecnologias vem sendo aplicadas e novas formas de construir vem sendo utilizadas.

A utilização de escoramento metálico vem tomando lugar, frente há escoras de madeira. A NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos (ABNT, 2009) menciona brevemente sobre o escoramento metálico, mas não estabelece parâmetros que especificam a forma da utilização das mesmas. No mercado regional, nas obras é possível observar uma maciça utilização de escoras metálicas. No entanto, percebe-se um empirismo na utilização, uma vez que fica a critério do engenheiro ou até mesmo do mestre de obras, definir o espaçamento e o número de escoras a serem utilizadas, sem levar em consideração muitos parâmetros, o que não condiz com os objetivos da engenharia.

De acordo com RESOLUÇÃO Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia, onde o profissional de engenharia deve compreender dentre outras características, ser criativo, crítico, estar apto na utilização de novas tecnologias, considerando os aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientes, culturais e de segurança e saúde no trabalho, atuando com responsabilidade e de forma econômica, assim desenvolvendo os projetos e utilizando os materiais e recursos de forma a otimiza-los..

Em vista disso este trabalho busca, estabelecer parâmetros que norteiam o escoramento metálico, otimizar o trabalho no canteiro de obras, o tornando mais eficiente e menos oneroso no custo da edificação, melhorando a qualidade e segurança. Um sistema de escoramento otimizado e bem dimensionado, com um projeto bem elaborado do sistema de escoramento, acarretam em uma economia para

a obra, garantindo a segurança e organização da mesma, o que caracteriza a importância do desenvolvimento deste trabalho.

Em vista de a norma NBR 15696 (2009) não especifica condições e parâmetros para projeto e execução do escoramento metálico de lajes de concreto, moldadas *in loco*, acaba ficando a cargo do engenheiro ou responsável pela execução da obra a definição de como usá-la. Considerando que nos últimos anos, houve o crescimento no uso de escoramento metálico, o estudo e a definição criteriosa deste processo construtivo tem sua relevância assegurada.

Para a elucidação dos objetivos deste trabalho foram realizadas visitas em obras, onde se utilizava o escoramento metálico de lajes, compreendendo como foi concebida sua execução, quais os motivos da escolha do tipo de escora, e a definição do seu espaçamento. Também foram ouvidas empresas que trabalham com locação e projetos no ramo de escoras metálicas, com as mesmas indagações sobre as definições do escoramento. Sendo do interesse dos profissionais da área de engenharia a elaboração de projetos de escoramento, assim como das empresas que o executam em obras. Não houveram barreiras para o levantamento das informações. A Norma NBR 15696:2009 mesmo não evidenciando sobre este tipo de material, define alguns parâmetros para o escoramento, e se encontra disponível para o uso, bem como em catálogos de fabricantes de escoras metálicas. Este conjunto de informações garantiu a viabilidade do desenvolvimento dos objetivos propostos.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 METAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

#### 2.1.1 METAIS

É um elemento químico composto por cristais no estado sólido, são utilizados quase que em sua totalidade em forma de ligas, sendo um dos materiais, mais importantes da construção civil sendo usado em larga escala, devido a suas diversas propriedades.

O uso de metal na construção civil tem origem do século XVIII, sendo um material muito caro, mas muito resistente, suporta grandes vãos, dando mais liberdade da hora de criar e ousar nas construções, além de dar um ar de modernidade a construção (FIGUEIREDO, 2014).

#### 2.1.2 PROPRIEDADES E VANTAGENS DO USO DO AÇO

Um dos metais mais utilizados na construção civil é o aço, por suas diversas características que o fazem ser um material que se adapta a diversas etapas da construção. PAGNO, (pg 09, 2012) cita algumas propriedades importantes do aço, que o faz ser tão importante dentro da construção como:

**ELASTICIDADE** – Para pequenos níveis de carregamento verifica-se que há um comportamento linear entre tensão aplicada em um corpo e sua deformação. Com a retirada da tensão aplicada em um corpo e sua deformação. Com a retirada da tensão a deformação cessa. Esse fenômeno é denominado de comportamento elástico do material.

**PLASTICIDADE** - Plasticidade está relacionada à deformação permanente que ocorre nos materiais, causada pela ruptura das ligações Inter atômicas, isto é, as deformações não aparecem quando a carga é retirada.

**DUCTILIDADE** - Capacidade de determinadas substâncias sólidas de sofrer permanentes mudanças de forma sem quebrar. Quando um material apresenta uma deformação plástica muito pequena, diz que

sua ruptura é do tipo frágil. Pelo contrário, quando um material apresenta uma elevada deformação plástica, ele é chamado de dúctil. TENACIDADE - É a capacidade de um material tem de absorver energia até sua fratura. Um material é considerado tenaz quando possui tanto resistência quanto ductibilidade; muitas vezes, os materiais dúcteis são mais tenazes do que os frágeis.

TENSÕES RESIDUAIS - O resfriamento posterior à laminação de chapas, cantoneiras, perfis etc., leva o desenvolvimento de tensões residuais no produto final. Em chapas, por exemplo, as extremidades resfriam-se mais rapidamente que a região central, contraindo-se; quando a região central da chapa se resfria, as extremidades, já solidificadas, impedem essa região de se contrair livremente. Assim, as tensões residuais são de tração na região central e compressão nas bordas.

RESILÊNCIA - É a capacidade de absorver energia mecânica por unidade de volume tracionada em regime elástico.

FRAGILIDADE - Sobre determinadas condições os aços podem ser tornar frágeis como, por exemplo, sobre temperaturas extremas (baixas ou elevadas temperaturas), podendo provocar rupturas bruscas sem aviso prévio.

FADIGA - Denomina-se “efeito de fadiga” à ruptura de um a peça sob esforços repetidos, a uma tensão inferior à sua característica de rupturas.

DUREZA - É a resistência à abrasão, ao risco ou à penetração de outra peça de dureza conhecida medida através de um dos três processos.

Todas estas características fazem do aço um material com ampla aplicabilidade na construção civil, com diversas finalidades, desde a estrutura até o escoramento e vem sendo cada vez mais utilizado.

Além de todas estas características o aço ele pode ser classificado quanto a sua composição que alteram e acentuam algumas características, podendo os diferentes tipos serem aplicados na construção desempenhando melhores funções em sua empregabilidade.

O aço é um material que pode ser moldado em diversas formas, ampliando assim o seu uso nas mais variadas funções, desempenhando diversas funções dentro de nossas construções.

Ainda Segundo Pagno (pg 121, 2012) nos cita algumas vantagens do uso do aço na construção civil:

- a) liberdade no projeto de arquitetura – permite aos arquitetos “total” liberdade criadora;
- b) maior área útil – As áreas dos pilares de aço são substancialmente mais esbeltas que as de concreto, permitindo um melhor aproveitamento da área útil;
- c) flexibilidade – são estruturas que se adaptam bem as ampliações, mudanças e reformas. Além de ser facilitadores quanto a passagem de dutos de água, energia, telefone, etc;
- d) compatibilidade com outros materiais - O sistema construtivo em aço é perfeitamente compatível com qualquer tipo de material de fechamento, tanto vertical como horizontal, admitindo desde os mais convencionais (tijolos e blocos, lajes moldadas in loco) até componentes pré-fabricados (lajes e painéis de concreto, painéis "dry-wall", etc);
- e) menor prazo de execução – permite que se trabalhe na fabricação da estrutura simultaneamente a execução da fundação, a possibilidade de se trabalhar em diversas frentes de serviços simultaneamente, a diminuição de formas e escoramentos e o fato da montagem da estrutura não ser afetada pela ocorrência de chuvas, pode levar a uma redução de até 40% no tempo de execução quando comparado com os processos convencionais;
- f) racionalização de materiais e mão-de-obra – com a utilização de sistemas industrializados, as obras em aço podem reduzir os desperdícios sensivelmente, visto que em obras convencionais podem atingir cerca de 25%;
- g) alívio de carga nas fundações - podem reduzir em até 30% os custos das fundações por serem estruturas mais leves que as convencionais;
- h) garantia de qualidade – devido ao rígido controle de qualidade e fabricados sempre com mão-de-obra especializada, a garantia de um serviço com qualidade superior é inquestionável;
- i) antecipação do ganho – por apresentar um tempo de execução mais rápido, poderá haver uma ocupação antecipada do imóvel, gerando ganhos adicionais;
- j) organização do canteiro de obras – As estruturas metálicas são totalmente pré-fabricadas, assim garantem uma organização melhor

dos canteiros de obras devido entre outros a ausência de depósitos de areia, brita, cimento, madeira e ferragens, oferecendo ainda um menor desperdício.;

k) reciclabilidade - o aço é 100% reciclável e as estruturas podem ser desmontadas e reaproveitadas;

l) preservação do meio ambiente – É uma estrutura menos agressiva ao meio ambiente, pois diminui o consumo de madeira e evita a geração de ruídos causados pelas ferramentas destinadas a trabalhar a madeira; e

m) precisão construtiva – As estruturas metálicas exigem uma precisão milimétrica enquanto nas estruturas de concreto a precisão é medida em centímetros, o que garante uma estrutura perfeitamente nivelada, facilitando diversas atividades posteriores.

## 2.2 FÔRMAS

As fôrmas de acordo com a NRB 15696 (pg 02, 2009), nos define como “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”.

Um projeto de fôrmas em geral deve conter, de acordo com a NBR 15696 (pg 3, 2009) Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos:

- 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.

As formas devem ser devidamente conferidas e dimensionadas devendo atender as especificações em projeto, a superfície interna da fôrma deve ser limpa, devendo verificar a estanqueidade das juntas, mas caso o material das fôrmas

absorver água, deve molhá-lo até a sua saturação, minimizando a perda de água do concreto (NBR 14931- Execução de estruturas de concreto – Procedimento ABNT,2004).

As formas devem ter rigidez para assegurar o formato da laje e ser suficientemente estanques evitando a perda de massa. Toda a montagem das formas deve seguir um projeto específico para ele, devendo ser seguido os requisitos de manuseio, contraflecha, desforma e remoção (NRB 15696, 2009).

### 2.3 ESCORAS

A escora tem a finalidade de resistir e transmitir as ações das cargas para a base de apoio da estrutura da escora, provenientes da concretagem da laje com concreto fresco sobre as formas até que o concreto se torne autoportante (NBR 15696, 2009). Onde se tem dois principais materiais que são usados para o escoramento de lajes, as escoras de madeira e as escoras metálicas.

As escoras de madeira indicadas para o escoramento são as madeiras em estado bruto que são peças serradas ou não, e as madeiras industrializadas que são peças fabricadas industrialmente com propriedades conhecidas e especificadas pelo fabricante podendo ser de chapas de madeira compensada ou de madeira tratada, colada e prensada.

Já as de elemento metálico, são de aço ou alumínio forjados, laminados, fundidos, extrudados ou fabricados a partir de chapas soldadas (NBR 15696-2009).

Um projeto de escoras em geral deve conter, de acordo com a NBR 15696 (Pg 3, 2009):

- 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.

O escoramento deve ser montado de modo que todas as cargas solicitantes sejam transmitidas ao solo, ou estrutura de apoio. As cargas permanentes a serem levadas em consideração consistem, de acordo com Pini (pg 17, 2008):

- Peso próprio dos elementos da estrutura de escoramento das fôrmas;

peso de todos os elementos da estrutura de concreto a serem suportados pela estrutura do escoramento, tais como lajes, vigas, paredes, capitais, etc.;

-Quaisquer outras ações de caráter praticamente permanente ao longo da utilização provisória da estrutura das fôrmas e escoramentos;

-Pressão do concreto fresco sobre as fôrmas verticais e horizontais.

Além das cargas permanentes, deve-se levar em consideração as cargas variáveis que resultam de acordo com Pini (pg 18, 2008):

a) cargas provenientes do método de lançamento do concreto sobre as fôrmas e o escoramento;

b) carregamentos assimétricos sobre as fôrmas e escoramento;

c) sobrecarga de trabalho na execução dos serviços de lançamento, adensamento e acabamento do concreto. A sobrecarga de trabalho deve ser de no mínimo  $2,0 \text{ Kn/m}^2$ . A carga estática total a ser considerada, incluindo cargas permanentes e variáveis, não pode ser inferior a  $4,0 \text{ Kn/m}^2$ ;

d) 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, de como é feito lançamento do concreto, etc. caso isto seja mais desfavorável ou não tiver sido considerado.

Obs: O impacto máximo a ser considerado no lançamento do concreto sobre a fôrma horizontal está limitado ao esforço resultante do lançamento de uma altura de  $0,20 \text{ m}$  acima do nível acabado. Para alturas maiores de  $0,20 \text{ m}$ , o cálculo deverá prever sobrecargas adicionais;

e) vibrações decorrentes de equipamentos de adensamento do concreto;

f) pressões de vento: conforme determinações da norma NBR 6123: não devendo ser inferiores a  $0,59 \text{ Kn/m}^2$ .

A estrutura de escoramento divide-se em alguns elementos como escoras ou torres de carga, vigotas principais, vigotas secundárias e acessórios, que tem a função de unir, posicionar, ajustar e dar estabilidade a estrutura de escoramento (REZENDE, 2010).

### 2.3.1 Uso de escoras de madeira

O uso da madeira na construção civil no Brasil é amplo, sendo a mais usada a madeira serrada (FIGURA 3), que é um material de fácil acesso e manuseio, e desempenha um papel decisivo na construção com ampla usabilidade, sendo aplicada em diversos segmentos, como em barragens, pontes, casas, prédios dentre outras (FIGUEIREDO, 2014).



**Figura 3 – Escoras em madeira**  
**Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.**

O uso de madeira para escoramento tem como grandes problemas o desperdício de material, sendo reutilizado poucas vezes, além do problema ambiental, onde muitos tipos de madeira utilizadas na construção civil são extraídas de forma ilegal das florestas, deixando graves prejuízos ao meio ambiente (CARMO, 2007).

As escoras de madeira, possuem diferentes características, principalmente de resistência, variando com o tipo de madeira utilizada, e as condições que ela se encontra como quantidades de nós, sua sinuosidade, sulcos etc. comprometem a carga resistida por elas. Além de precisar de um tempo maior de montagem comparado ao sistema de escoramento metálico, pois na maioria das vezes as escoras de madeira precisam de ajustes e emendas nas escoras demandando mais tempo de serviço para ajustes, além de diminuir a resistência e a estabilidade dos sistemas de escoras de madeira (CARMO, 2007).

### 2.3.2 Uso de escoras metálicas

As escoras metálicas (FIGURA 4), podem ser forjadas, laminadas, fundidas ou fabricadas a partir de chapas soldadas, com função de acessórios ou componentes das estruturas de escoramento. Dependendo da liga e da quantidade de carbono as escoras podem apresentar diferentes valores de resistência (PINI, 2008).



**Figura 4 – Escora metálica**  
**Fonte: Pini, 2008.**

Além disso possuem fácil armazenagem, podendo ser reutilizadas inúmeras vezes com alta durabilidade e reaproveitamento, além de oferecerem uma maior segurança, por serem a normatizadas, com maior resistência que madeira, suportando cargas bem mais elevadas, assim usando menos escoras, deixando sua obra mais organizada e limpa (SCHOSSLER,2016).



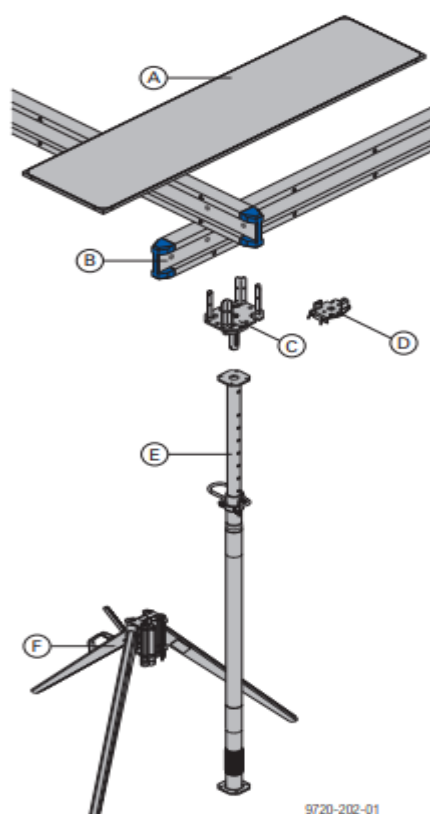


Figura 5 – Conjunto de escora metálica  
Fonte: Doka, 2014.

Como mostra na imagem (Figura 5), o sistema de escoramento com escora metálica é formado por um conjunto de materiais, que de acordo com Doka, 2020:

- A- É chapa da forma da laje normalmente utilizadas de compensado de madeira.
- B- São vigas primárias e secundárias de madeira, serve de apoio para as chapas da forma.
- C- Cabeça múltipla com função de regulagem de altura com função de estabilizar as vigas primárias.
- D- Cabeça simples utilizada para fixação das escoras intermediárias na viga primária.
- E- Escora metálica, podendo fazer variadas alturas
- F- Tripé, auxilia na montagem das escoras dando estabilidade a escora.

## 2.4 USO DE TORRES METÁLICAS

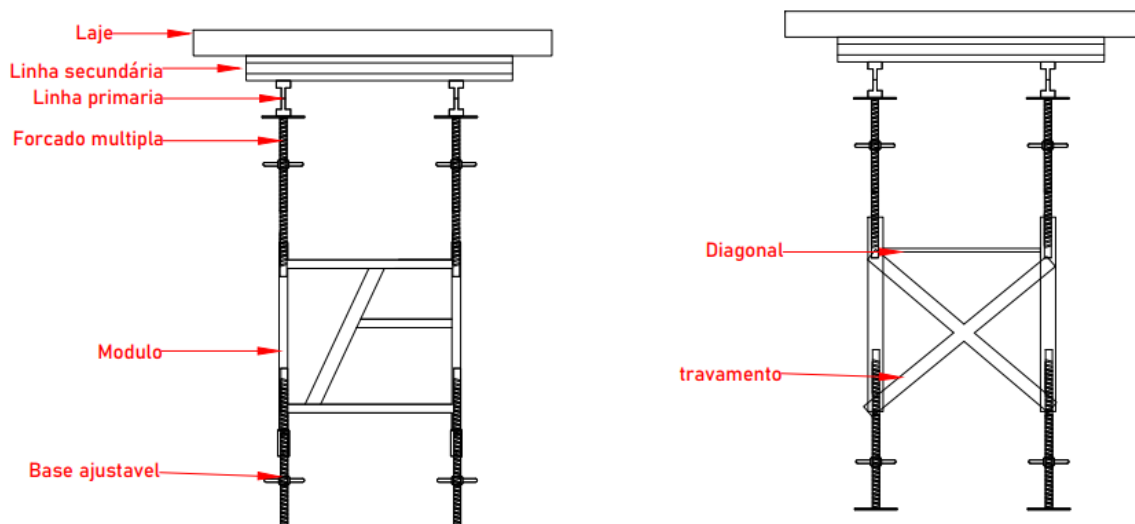
As torres metálicas para escoramento (FIGURA 6), tem flexibilidade em sua montagem, sendo a sua maioria apenas com encaixes simples, oferecem uma grande estabilidade para a estrutura com uma elevada capacidade de carga, sendo ajustáveis em sua altura, podendo ser utilizadas para elevadas alturas (DOKA, 2014).



**Figura 6 - Cimbramento Metálico**  
Fonte: Doka, 2014.

Os elementos que compõem uma estrutura metálica de escoramento (FIGURA 7), basicamente são:

- Forcado múltiplo com regulagem.
- Módulo básico com altura variada (90 cm 120 cm e 180 cm).
- Base ajustável.
- Diagonal para fixação entre módulos e alinhamento com tamanhos variável.
- Cruzeta diagonal para junção entre os módulos, com tamanho variável.
- Vigas primárias e secundárias.



**Figura 7 - Conjunto Torre Metálica**  
**Fonte: Próprio Autor, 2020.**

O sistema de cimbramento metálico, com torre metálica (FIGURA 8) tem uma montagem mais complexa se comparada as escoras, mas tem uma resistência de carga muito superior, apresenta uma grande estabilidade, é composta por múltiplos elementos (CARMO,2007).



**Figura 8 – Conjunto torre Metálica**  
**Fonte: Arquivo pessoal, 2020.**

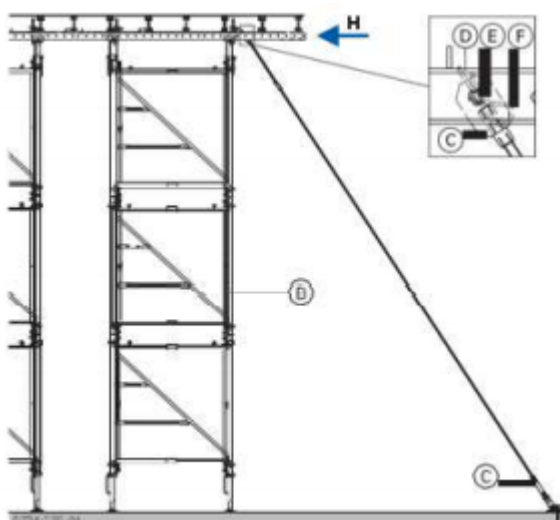
A montagem das torres metálicas em canteiro de obra (FIGURA 9), geralmente se dá embasado em projeto de escoramento, sendo realizado por equipe especializada a fim de otimizar o tempo de montagem, com os devidos reajustes. Além

de ser um sistema que pode ser reutilizado inúmeras vezes para alturas variáveis, diferente das escoras de madeira.

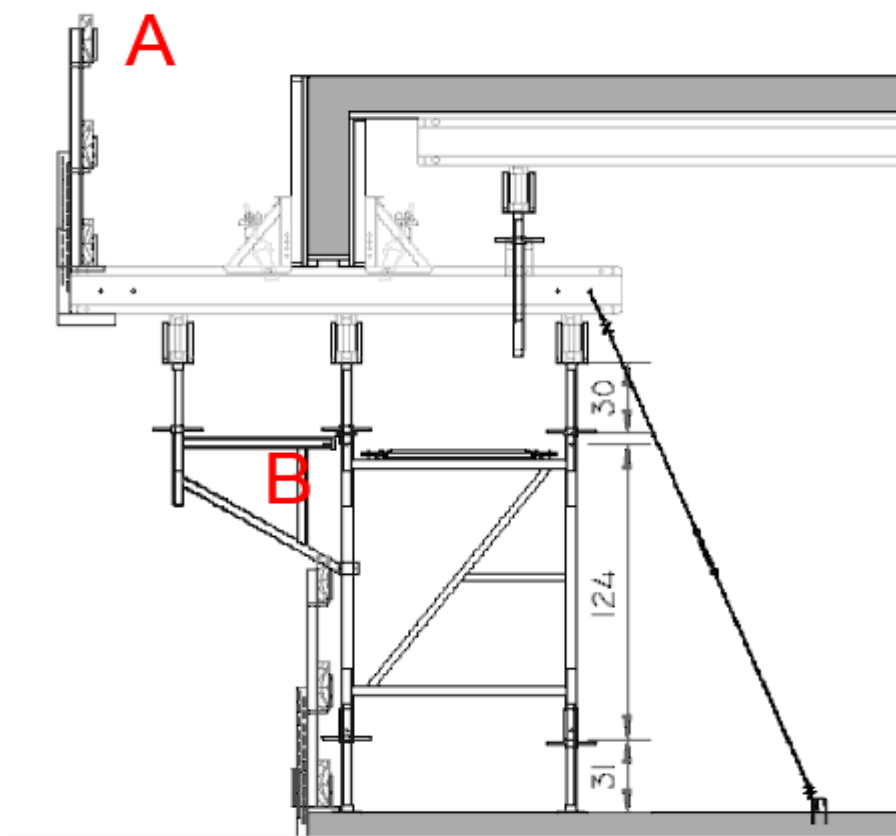


**Figura 9 - Montagem Cimbramento Metálico**  
Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

Para manter a estrutura de torre B, de aplicação de carga horizontal H como a força do vento, fixar um cabo de aço na laje com um pino e fixar este cabo na estrutura superior da torre (Figura 10) evitando assim que a estrutura deforme ou até tombe, causando acidentes (Doka D1, 2015)



**Figura 10 – Fixação do sistema de Cimbramento Metálico**  
Fonte: DOKA D1, 2015.



**Figura 11 – Complementação do sistema Cimbramento Metálico**  
**Fonte: DOKA D1, 2015.**

O sistema de cimbramento de torre de carga (Figura 11), além dos equipamentos já citados, é composto também por:

- a) Guarda corpo, para assegurar a segurança dos trabalhadores no trabalho em altura.
- b) Console de aço galvanizado que que prolonga meu sistema de escoramento com segurança em vão onde não há onde apoiar as bases das torres de carga.

## 2.5 TIPOS DE LAJE

As lajes são elementos bidimensionais, onde a largura e o comprimento são bem maiores que a sua espessura, destinam-se a receber a maior parte das ações aplicadas em uma construção dos mais variados tipos dependendo da finalidade, onde as cargas são transmitidas as vigas e depois aos pilares, ou diretamente para os pilares. Os vários tipos de lajes são classificados de acordo com seu processo

construtivo, tendo lajes, nervuradas, mistas, em grelha, duplas e pré-fabricadas (PINHEIRO, 2010).

A laje faz parte do sistema estrutura convencional de nossas edificações que é composto por laje, vigas e pilares. Atualmente vê-se uma alta no sistema de construções sem vigas, onde as ações das lajes são diretamente distribuídas para os pilares (PINHEIRO, 2010).

### 2.5.1 Lajes maciça

Segundo a ABNT NBR 6118:2014, pág. 5, as lajes são “elementos de superfície plana, sujeitos principalmente a ações normais ao seu plano. As placas de concreto são usualmente denominadas lajes”.

Toda sua espessura é composta por concreto, contendo armaduras de flexão longitudinal e eventualmente armaduras transversais, podendo ser de concreto armado ou protendido, sendo projetadas para as mais diversas construções (BASTOS, 2015).

A execução pode ser dividida em alguns passos, instalação de formas e escoras, colocação da armadura, serviços de instalação elétrica, hidráulica etc. de acordo com projeto, preparação e lançamento de concreto, adensamento, cura e retirada das formas e escoras. A massa específica a ser considerada para estruturas de concreto normal entre  $2000 \text{ kg/m}^3$  a  $2800 \text{ kg/m}^3$ , se a massa específica real não for conhecida pode se adotar  $2400 \text{ kg/m}^3$  para concreto simples e  $2500 \text{ kg/m}^3$  para concreto armado (NBR 6118, 2014).

A laje maciça é de fácil execução, apresentando pouca deformação, com pequenos esforços, apresentando um bom desempenho na distribuição das cargas, sendo pouco suscetível a fissuras e trincas (BRANDALISE, 2015).

### 2.5.2 Lajes de concreto protendido

O concreto protendido tem quase em sua totalidade a armadura é ativa, provocando solicitações contrárias às atuantes na estrutura, como pode ser observado na Figura 12. Sanando assim a deficiência do concreto em relação a tração (ZILL, 2013).



**Figura 12 – Laje Maciça em Protensão**  
**Fonte: Teres, 2020.**

Segundo a ABNT NBR 6118 (Projeto de estruturas de concreto — Procedimento, 2014, pág 3) define elementos de concreto protendido como:

Aqueles nos quais parte das armaduras é previamente alongada por equipamentos especiais de protensão, com a finalidade de, em condições de serviço, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura, bem como propiciar o melhor aproveitamento de aços de alta resistência no estado-limite último (ELU).

## 2.6 NORMA NBR 15696:2009

### 2.6.1 Estados-limites últimos

De acordo com a NBR 15696:2009, se deve verificar os estados - limites últimos das fôrmas e escoramentos para as estruturas de concreto, conforme a Equação 1.

$$F_d \leq R_d$$

Equação 1

Na qual:

$F_d$  = É o valor de cálculo da ação;

$R_d$  = É a resistência de projeto.

A Equação de projeto é representada através da Equação 2.

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_w} \quad \text{Equação 2}$$

Na qual:

$R_k$  = É a resistência característica do material;

$\gamma_w$  = É o coeficiente de ponderação do material.

### 2.6.2 Cargas

As cargas a serem consideradas para o dimensionamento de estruturas de escoramento, reescoramento ou escoramento remanescente e fôrmas de acordo com a NBR 15696:2009, são:

- Peso próprio da estrutura de escoramento e das fôrmas;
- Peso das estruturas de concreto que suportarão o escoramento (lajes, capitéis, vigas e paredes);
- Sobrecargas de execução do lançamento, adensamento, acabamento e da vibração do concreto;
- Esforços horizontais para efeito de cálculo de contraventamento.

### 2.6.3 Estados-limites de utilização

De acordo com a NBR 15696:2009, os estados-limites de utilização, podem gerar nas estruturas vibrações, deformações permanentes e deslocamentos excessivos. Para que o mesmo não ocorra a Equação 3 deve ser atendida.

$$\mu_{TOTAL} \leq \mu_{LIM} \quad \text{Equação 3}$$

$$\mu_{LIM} = 1 + \frac{L}{500} \quad \text{Equação 4}$$

Na qual:



$\mu_{TOTAL}$  = É a máxima flecha que ocorre no elemento (peso próprio do concreto e sobrecarga de 1,0 Kn/m<sup>2</sup>;

$\mu_{LIM}$  = É a deformação-limite;

$L$  = Distância entre os apoios de cada elemento estrutural do escoramento ou fôrma.

#### 2.6.4 Requisitos para fôrmas

Para que a execução das fôrmas atenda aos requisitos especificados pela NBR 15696:2009, as mesmas devem:

- Assegurar as dimensões das peças e o formato da estrutura projetada através da sua rigidez;
- Ter estanqueidade suficiente para não perder a pasta cimentícia;
- Ser executadas de modo a evitar recalques prejudiciais provocados no solo ou na base de apoio;
- O sistema deve ser projetado para evitar os riscos de incêndio;
- Os sistemas estruturais, tais como os tirantes, tubulações e barras de ancoragem devem ser fixados para assegurar a concretagem e em hipótese alguma alterar as características estruturais das peças;
- É imprescindível a correta ancoragem das fôrmas de modo a garantir a durabilidade, a compatibilidade e a estabilidade estrutural dos elementos.

#### 2.6.5 Cuidados na Concretagem

Previamente à ação de concretagem a posição e a dimensão das fôrmas precisa ser conferido, no intuito de assegurar a geometria das estruturas e que o tráfego pessoal e equipamentos necessários à operação de concretagem seja seguro. Outras considerações a serem observadas de acordo com NBR 15696:2009, são:

- O acúmulo de concreto deve ser evitado para que as sobrecargas de projeto não sejam ultrapassadas;
- Realizar o tratamento da superfície das fôrmas para que o acabamento seja alcançado;
- Verificar a estanqueidade das juntas, de modo a evitar a perda de pasta ou argamassa;

- Para pilares, vigas estreitas e altas e fôrmas de paredes é importante que aberturas provisórias sejam deixadas próximas ao fundo para facilitar o processo de limpeza.

#### 2.6.6 Retirada da fôrma de escoramento

Para a retirada das fôrmas de escoramento a NBR 15696:2009, diz que é importante garantir que os elementos estruturais e o novo sistema de escoramento tenham resistência para suportar as ações a que estarão sujeitos antes de remover o sistema de fôrmas. Além disto, é necessário que os seguintes requisitos sejam atendidos:

- O projetista estrutural ou o responsável pela obra deverá fornecer toda a análise estrutural, assim como, os dados de deformabilidade e de resistência do concreto;

- A estrutura não deve ser sujeita a nenhuma ação adicional de carga além das especificadas e calculadas em projeto;

- Deve ser considerada a capacidade de suporte do sistema de escoramento, garantindo que a estrutura resista a todas as cargas impostas.

#### 2.6.7 Equipamentos Metálicos

Usualmente os equipamentos metálicos utilizados são as escoras metálicas, as torres metálicas, as vigas metálicas e os painéis de fôrma.

As escoras metálicas possuem uma carga admissível de utilização que é a carga de ruptura ensaiada (geralmente se utiliza um coeficiente de segurança igual ou superior a 2 sobre o limite de flambagem). Elas são formadas por quatro peças: o tubo externo (tubo-base com placa soldada e rosca externa), o tubo interno (é um tubo telescópico com placa soldada), a luva de regulagem e o pino (NBR 15696, 2009).

As escoras metálicas possuem duas regulagens de maneira generalizada. A regulagem fina é a realizada pela luva de regulagem e a regulagem grossa é executada por meio da colocação de dois pinos nos furos do tubo telescópico (NBR 15696, 2009).

As torres metálicas são constituídas por quadros soldados feitas em metal, tubos telescópicos e hastes reguláveis através de roscas, da base inferior e dos

suportes para a viga. A carga admissível de utilização das torres metálicas é a mesma que a das escoras metálicas (NBR 15696, 2009).

As vigas metálicas são fabricadas em alumínio ou aço em perfis dobrados, laminados, extrudados ou perfurados. Sua carga admissível é a mesma que a das escoras metálicas. Algumas das vigas metálicas apresentam peças de madeira para facilitar a fixação do compensado com pregos, por exemplo (NBR 15696, 2009).

Os painéis de fôrma são fabricados em aço ou alumínio, são estruturas soldadas tipo grelha. Com o auxílio de chapas de madeira compensada, laminado melamínico, PVC e chapas de aço é realizada a sua superfície de contato com o concreto (NBR 15696, 2009).

#### 2.6.8 Reescoramento

Para os pavimentos recém-concretados devem ser levados em conta os reescoramentos e escoramentos remanescentes. É importante observar de acordo com NBR 15696:2009:

- O peso próprio da laje e de seus componentes;
- A concretagem dos pavimentos superiores;
- A resistência e o módulo de elasticidade dos materiais;
- A sobrecarga de deformação;
- Características de deformação vertical por carga aplicada nas escoras.

#### 2.6.9 Torre de Carga

Todas as peças da torre de carga devem ser ensaiadas previamente para que se ajustem a altura isolada da torre globalmente montada.

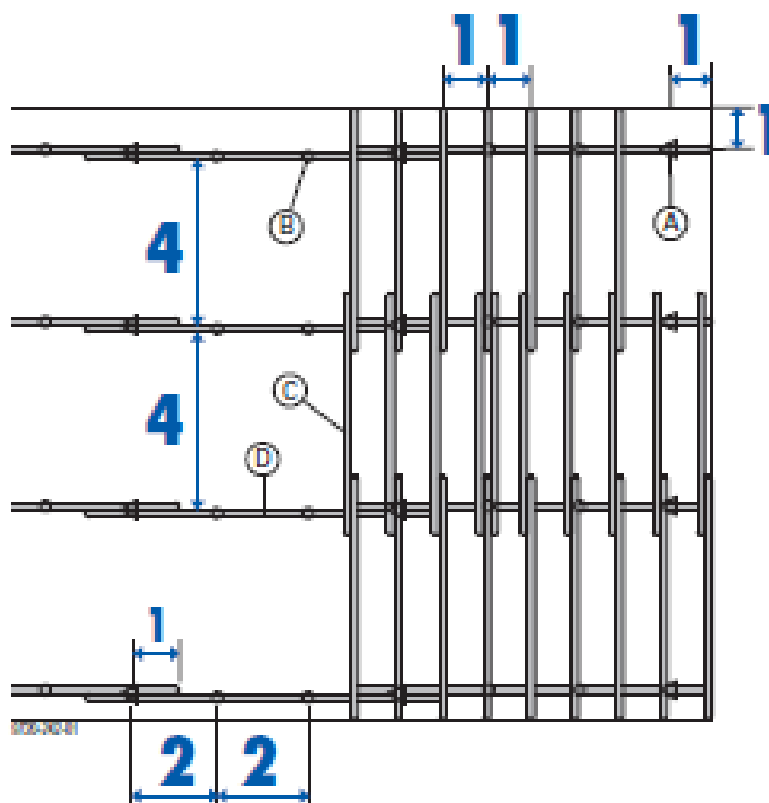
Para a realização deste ensaio as peças de ajuste devem passar pelo ensaio de compressão na abertura máxima e a carga deve ser aplicada no ponto central da torre em planta. Posteriormente, é necessário registrar a deformação horizontal e vertical no meio da torre de cargas. Se deve aumentar a carga até a ruptura ou deformação. Garantindo assim a carga limite da peça, para todos os demais elementos é recomendado que o mesmo ensaio seja executado (NBR 15696, 2009).

### 2.7 MANUAL DO FORNECEDOR DOKA

O manual Doka foi escolhido pois nas empresas na cidade de Pato Branco-Paraná usualmente utilizam o material do referido manual para escoramento de lajes e eventualmente para a concepção dos projetos de escoramento, e em comparação com os outros manuais não há grande mudança nas características dos materiais utilizado no escoramento.

### 2.7.1 SISTEMA DE ESCORAS

Para as lajes de até 30 cm de espessura é recomendada a utilização do sistema Dokaflex 1-2-4, ele permite eliminar a necessidade de planejamento, pois as quantidades são estipuladas através da regra de cálculo dos materiais. As distâncias máximas entre as vigas podem ser observadas através da Figura 13.



**Figura 13 – Distâncias das vigas em um sistema de lajes**  
Fonte: Doka, 2014.

A = Escora Eurex + cabeça múltipla H20 rebaixável + tripé;

B = Escora Eurex + cabeça simples H20 DF;

C = Viga Doka H20 top 2,65 m (viga secundária);

D = Viga Doka H20 top 3,90 m (viga primária).

Na Figura 13, “1” marca se refere a 0,5 m. Esta é a distância máxima entre vigas secundárias, também é a distância máxima da vida de borda e é a distância mínima nos transpasses sobre as vigas primárias.

A distância de “2” marcas se refere a 1,0 m, que é a distância máxima entre escoras. E as distâncias de “4” marcas se refere a 2,0m, que é a distância máxima entre vigas primárias.

Usualmente é utilizada como viga primária a de 3,90 m de comprimento e a viga com 2,65m de comprimento é utilizada como viga secundária.

É recomendado pelo Manual DOKA (2014) que a resistência do concreto necessária para a sua desforma depende diretamente do fator  $\alpha$ . O Quadro 1 apresenta estes valores.

O fator de carga  $\alpha$  é obtido através da Equação 5.

$$\alpha = \frac{EG + NL_{ESTADO DE CONSTRUÇÃO}}{EG + EG_{PROJETO} + NL_{ESTADO FINAL}} \quad \text{Equação 5}$$

Na qual:

$\alpha$  = Fator de carga;

$EG = \gamma_{CONCRETO} = 25 \text{ kN/m}^3$ ;

$EG_{PROJETO} = 2,00 \text{ kN/m}^2$ ;

$NL_{ESTADO DE CONSTRUÇÃO} = 1,50 \text{ kN/m}^2$ ;

$NL_{ESTADO FINAL} = \text{No Quadro 1.}$

**Quadro 1 – Espessura da Laje de acordo com o fator de carga  $\alpha$**

Espessura da laje (m)	Carga Permanente EG (kN/m <sup>2</sup> )	Fator de Carga $\alpha$ (NL <sub>ESTADO FINAL</sub> )			
		2,00 KN/m <sup>2</sup>	3,00 KN/m <sup>2</sup>	4,00 KN/m <sup>2</sup>	5,00 KN/m <sup>2</sup>
0,14	3,50	0,67	0,59	0,53	0,48
0,16	4,00	0,69	0,61	0,55	0,50
0,18	4,50	0,71	0,63	0,57	0,52
0,20	5,00	0,72	0,65	0,59	0,54
0,22	5,50	0,74	0,67	0,61	0,56
0,25	6,25	0,76	0,69	0,63	0,58
0,30	7,50	0,78	0,72	0,67	0,62
0,35	8,75	0,80	0,75	0,69	0,65

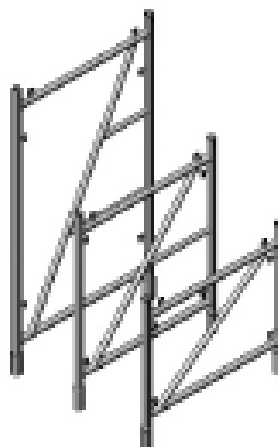
Fonte: Manual Doka (2014).

As escoras devem ser removidas para a laje ser ativada. Se isto não ocorrer no tempo certo e a laje do pavimento superior for concretada, isto pode resultar em uma duplicação de carga nas escoras, resultando em danos na estrutura, nas escoras e na fôrma.

É recomendado reescorar após a desfôrma para distribuir as cargas de concretagem por vários pavimentos, evitando assim os danos a estrutura.

As principais peças utilizadas de acordo com o Manual DOKA (2014) são:

- Módulo Básico (Figura 14). Este possui três especificações diferentes conforme o Quadro 2.



**Figura 14 – Módulo Básico de uma laje**  
Fonte: Doka, 2014.

**Quadro 2 – Espessuras e pesos dos módulos básicos**

Marco Básico 0,90m	15,9 kg
Módulo Básico 1,20 m	19,5 kg
Módulo Básico 1,80 m	28,5 kg

Fonte: Manual do Doka (2014).

- Cabeça de quatro vias possui 8,4 kg (Figura 15).



**Figura 15 – Cabeça de quatro vias**  
Fonte: Doka, 2014.

- Cruz Diagonal: a Figura 16 representa este componente e o Quadro 3 apresenta seus modelos e pesos correspondentes.



**Figura 16 – Cruz Diagonal**  
Fonte: Doka, 2014.

**Quadro 3 – Especificação de Cruz Diagonal e seus determinados pesos**

Cruz Diagonal 9.100	1,5 kg
Cruz Diagonal 9.152	1,9 kg
Cruz Diagonal 9.225	2,3 kg
Cruz Diagonal 12.100	4,5 kg
Cruz Diagonal 12.152	6,1 kg
Cruz Diagonal 12.225	6,2 kg
Cruz Diagonal 18.100	4,1 kg
Cruz Diagonal 18.152	5,2 kg
Cruz Diagonal 18.225	7.0 kg

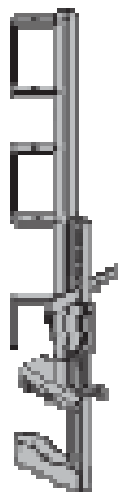
Fonte: Manual Doka (2014).

- Base Ajustável (pata), esta possui 6,4 kg (Figura 17)



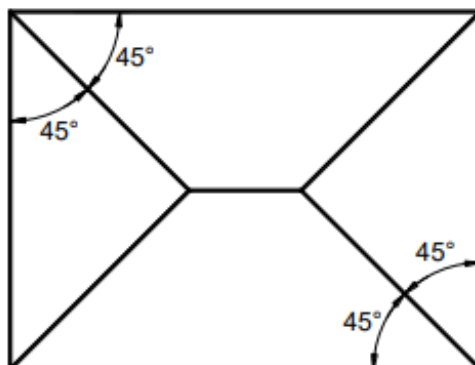
**Figura 17 – Base Ajustável**  
Fonte: Doka, 2014.

- Grampo de Guarda-Corpo: Deverão ser utilizados em situações que não requerem grandes esforços. São constituídos de aço leve (Figura 18).



**Figura 18 – Grampo de Guarda-Corpo**  
Fonte: Doka, 2014.

A área de influência em relação à laje está representada pela Figura 19. Este esquema é previsto pela norma NBR 15696:2009, ela prevê que cada viga de apoio da laje receberá a carga que estiver nos respectivos trapézios relacionados.



**Figura 19 – Áreas de influência de carga para o cálculo das reações de apoio nas lajes armadas em duas direções**  
Fonte: Bastos, 2021.



### 3 METODOLOGIA

O objetivo deste trabalho é determinar sobre quais parâmetros os projetos de escoramento metálico é desenvolvido para lajes de concreto moldadas *in loco*, considerando a pouca bibliografia e até mesmo as normas sobre este processo, para o desenvolvimento do mesmo pode-se classificar esta pesquisa com relação aos objetivos, como sendo uma pesquisa descritiva que conforme explica Dickel (2014) foi realizado um estudo, análise, registro e interpretação dos fatos, não havendo interferência do pesquisador, analisando a frequência em que os fatos acontecem, ou com relação ao funcionamento da estrutura.

A pesquisa se classifica como uma pesquisa qualitativa que de acordo com Godoy (1995) permite que o pesquisador vai a campo captar a perspectiva das pessoas considerando os pontos de vista importantes, além da observação.

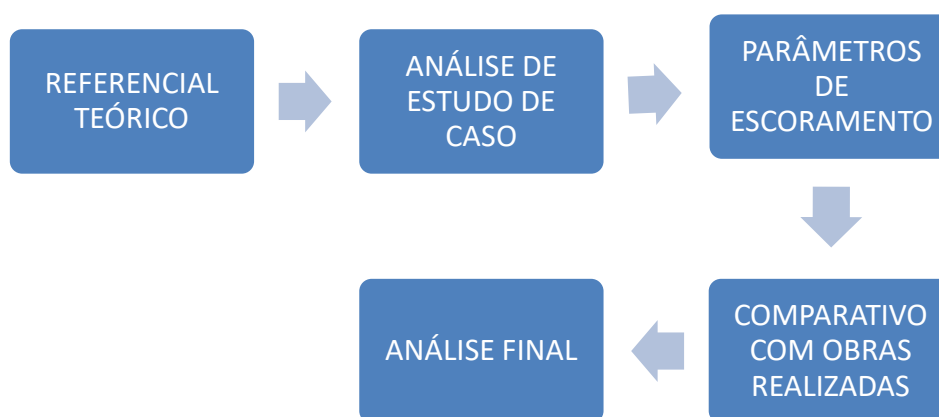
Com relação aos procedimentos utilizados para a elucidação dos objetivos serão adotados o levantamento bibliográfico, que Gil (2008) cita que é desenvolvida com base em materiais já elaborados constituídos principalmente de livros e artigos científicos, e o estudo multi casos, também descrito pelo autor como estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

Outrossim, Gil (1991), descreve o estudo de caso, como sendo um estudo exaustivo, de um ou vários objetos, de modo a permitir o conhecimento amplo sobre este assunto. Para Fidel (1992), costuma-se utilizar o estudo de caso como método de pesquisa quando se há uma grande variedade de fatores e relacionamentos e estes podem ser diretamente observados.

O levantamento bibliográfico se deu a partir de material já publicado, constituído principalmente de artigos, teses e livros, além de materiais disponibilizados na internet, se fundamentando em dados de fonte primária e secundária, em que se fez a construção teórica do que se relaciona com escoramento metálico, sendo delimitado dentro de alguns parâmetros mais relevantes para o tema. Já o estudo de caso se deu a partir de projetos específicos realizados onde foram analisados quais parâmetros são utilizados para a realização dos escoramentos, para identificar as diferentes possibilidades. A fim de melhor avaliar estas escolhas e até mesmo identificar os projetos a serem estudados será realizada uma breve pesquisa no mercado regional, se restringindo a empresas especializadas em locação e projeto de

cimbramento metálico na cidade de Pato Branco- PR, com visitas as empresas a fim de identificar os processos de escoramento mais utilizados.

A partir da análise dos dados obtidos dos projetos em estudo, juntamente com o material bibliográfico levantado, será possível comparar o que é executado no mercado regional, e o que preconiza as normas e as bibliografias. As etapas para a elaboração e finalização deste trabalho estão representadas através da Figura 20.



**Figura 20 – Etapas para a realização do Trabalho**  
**Fonte: Autoria Própria, 2020.**

Para a resolução dos objetivos deste trabalho foi necessário a compreensão de pontos específicos das Normas, como área de influência, estados-limites últimos, informações relacionadas ao escoramento e a montagem das formas, e outros. Assim como foram utilizadas informações extraídas de manuais de fornecedores de escoras metálicas, que apesar de descreverem produtos específicos, entre marcas diferentes não se observam mudanças, para efeito deste trabalho foram utilizados o manual Doka e a NR5 15696:2009, além das experiências dos construtores e projetistas, relatados nos projetos.

Para efeitos deste trabalho foram escolhidas quatro obras de escoramento metálico (Quadro 4). Estes foram selecionados por apresentarem similaridades construtivas, como a espessura da laje, todas se localizam na região de Pato Branco/ PR, o tipo de laje protendida e para todas foi utilizado o material da empresa Doka.

**Quadro 4 – Projetos de Escoramento Metálico**

Projeto de Escoramento Metálico	Área da a laje (m <sup>2</sup> )	Altura do Pé Direito (m)	Espessura da laje (m)	Tipo de Laje
Projeto 1	217,15	2,78	0,20	Protendida
Projeto 2	948,41	3,04	0,20	Protendida
Projeto 3	992,53	3,04	0,20	Protendida
Projeto 4	378,90	3,74	0,20	Protendida

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

Os projetos são comparados com o recomendado pelo Manual DOKA (2014) e pela NBR 15696:2009, e são apontadas as suas características e estabelecidas as conformidades com o observado na teoria e o executado.

Os 4 projetos analisados foram cedidos por uma empresa de locação de escoramento metálico. Projeto estes por vezes desenvolvidos pela própria empresa, por outras vezes sendo desenvolvidos e entregues pela empresa contratante. Onde a partir deles será estipulado os parâmetros para o escoramento metálico e comparado os projetos com a norma e o manual de escoramento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a determinação dos parâmetros sobre quais os projetos de escoramento metálico devem ser desenvolvidos, deve-se levar em conta algumas características da laje a ser escorada. Primeiramente, é necessário determinar qual é o tipo de laje (maciça, pré-fabricada, nervurada, entre outras), sua espessura, suas dimensões e assim é possível obter também a carga solicitada (DICKEL, 2014).

Para determinar a massa específica do concreto armado (NBR 6118:2014), o valor especificado é de  $2500 \text{ kg/m}^3$ . A Norma NBR 15696:2009 apresenta a sobrecarga de trabalho, esta deve ser de no mínimo  $2,0 \text{ kN/m}^2$ , e a carga estática total (além do peso próprio da estrutura e dos elementos) deve ser de no mínimo  $4,0 \text{ kN/m}^2$ . E o impacto a ser considerado do lançamento do concreto sobre a face horizontal da fôrma é limitado ao lançamento de uma altura de  $0,20\text{m}$  acima do nível finalizado.

A Norma NBR 6123:1988 – Forças devido ao vento em edificações, determina que a pressão do vento a ser considerada é de no mínimo  $0,6 \text{ kN/m}^2$ . Traz também que quando necessário se deve utilizar plataformas de trabalho, e se considerar a sobrecarga mínima de  $1,5 \text{ kN/m}^2$ .

De acordo com o manual de escoramento (Doka,2014), cada base (pata) suporta uma carga de  $30 \text{ KN}$ . Foi observado por meio de pesquisas bibliográficas em normas e catálogos que os espaçamentos mínimos não são especificados. Já os espaçamentos máximos são especificados, não devem exceder o valor de  $2\text{m}$ . De acordo com a Norma NBR 15696:2009, a carga admissível deve ser calculada levando em conta um coeficiente de segurança de  $2,25$  sobre a resistência última.

Além disso, leva-se em conta o valor do pé direito da laje, para se determinar o conjunto de equipamentos do sistema de escoramento. Outros fatores importantes a serem considerados são as cargas adicionais, os funcionários envolvidos no projeto e outros equipamentos que podem vir a serem utilizados na laje (cargas variáveis).

Em conversas com construtores, se evidenciou as vantagens da utilização do escoramento metálico comparado ao escoramento de madeira que até então vinham utilizando o tempo de montagem diminuiu cerca de  $40\%$ , assim economizando com mão de obra e reduzindo o tempo de obra, além do entulho gerado com o escoramento de madeira, pois dava muito recorte e ajustes, pois se tivesse um pé direito diferente em algumas das lajes tinha que ajustar as escoras de madeira fazendo emendas que além de não trazer segurança, há uma perda de tempo e de material.

## 4.1 PROJETOS ANALISADOS

### 4.1.1 Projeto 1

A primeira obra a ser analisada é a do Projeto 1. Esta obra é localizada no município de Pato Branco/PR e sendo um edifício para uso residencial e comercial. O pavimento analisado possui 217,15 m<sup>2</sup> e a obra no total terá 3210,36 m<sup>2</sup>. Nesta obra, a distribuição do escoramento foi desenvolvida de acordo com o projeto que foi fornecido pela empresa de locação de escoras como foi verificado em visita da obra do Projeto 1 (Figura 21). Na solicitação do aluguel do escoramento a construtora fornece os projetos estruturais de forma da laje para empresa fornecedora de escoras, assim com estes projetos se extraem as características da laje para ser desenvolvido o projeto de escoramento e o levantamento de material que será utilizado na obra, evitando o desperdício de material e garantindo a segurança concretagem da laje.



**Figura 21 – Acompanhamento da Obra do Projeto 1**  
**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

A Figura 22 representa o Projeto de Escoramento 1. É possível observar que o escoramento para as distâncias entre lajes com pequenos vãos é feito com escoras metálicas. No escoramento, em sua grande maioria, foram utilizadas torres de carga com módulo de 1,80m. Pode-se observar que na maior parte do projeto, as vigas estão escoradas em escoras metálicas.

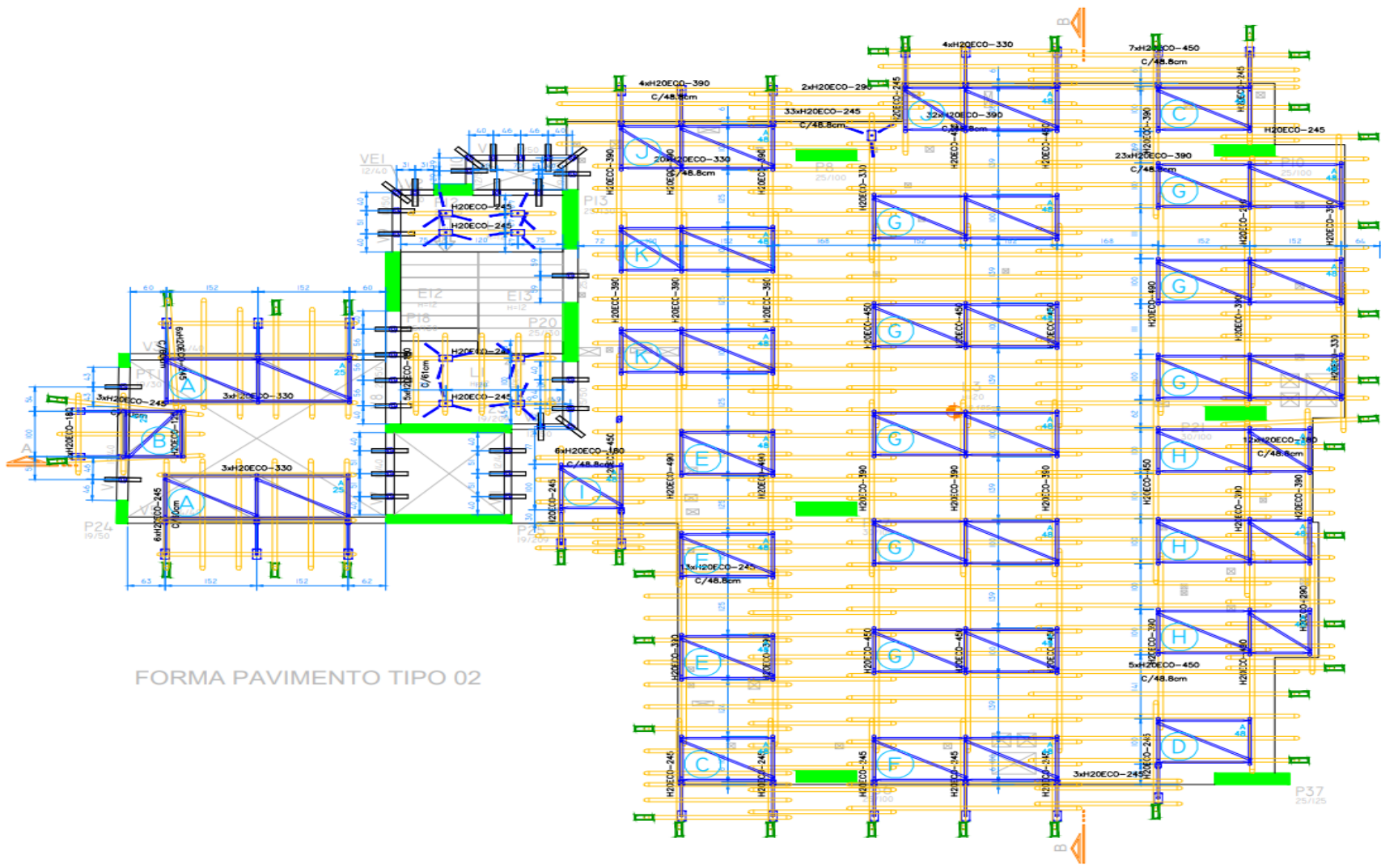
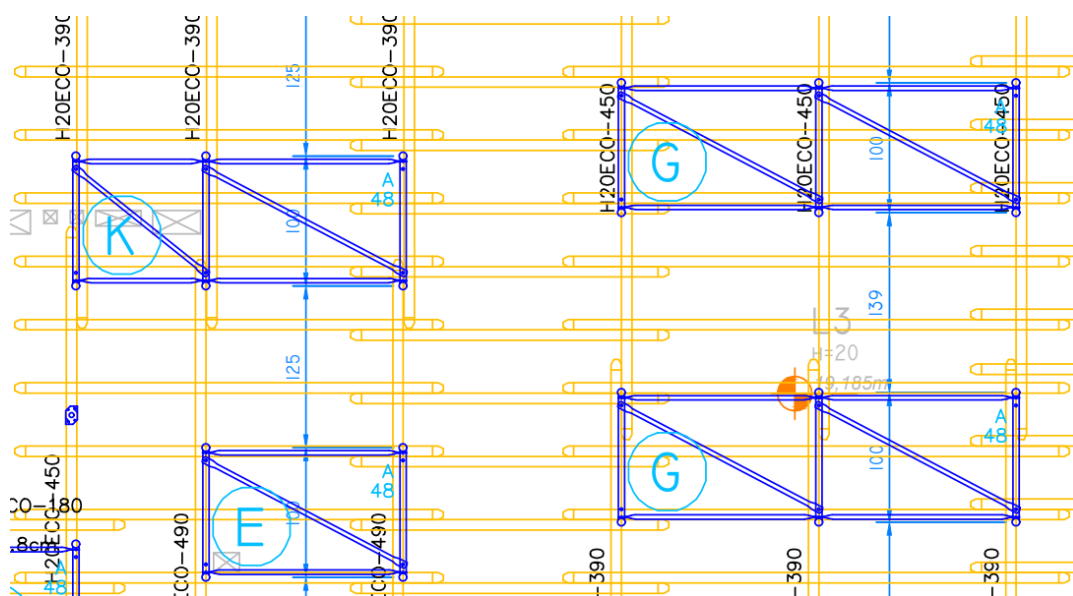


Figura 22 – Projeto de Escoramento 1  
Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.

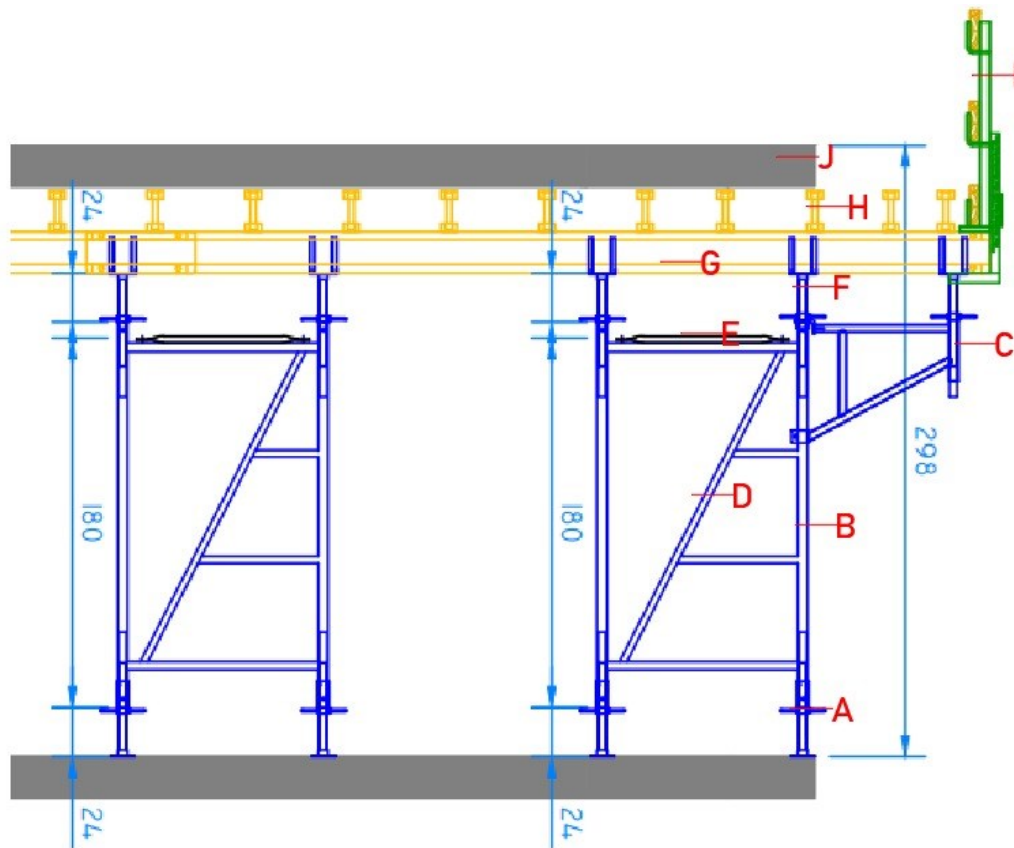
A Figura 23 apresenta conjunto de torres de escoramento e escoras metálicas, estes conjuntos com dimensões de 1,52m x 1m. No projeto é possível observar uma distância entre os conjuntos de torres variando de 0,62 m a 1,68m. Estas distâncias podem variar de acordo com as particularidades de cada projeto como, por exemplo, a disposição de pilares, aberturas na laje, vão de elevadores, escadas, *shaft*, vigas rebaixadas, detalhes arquitetônicos, entre outras peculiaridades de cada projeto.



**Figura 23 - Detalhe da planta do Projeto de Escoramento 1**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

Um fator que influencia no escoramento metálico é a resistência do material do sistema de escoramento de linha primária e secundária de escoramento composto de madeira industrializada.

O pavimento analisado, uma laje maciça em protensão de espessura de 0,20m, com um pé direito de 2,98 m e uma área total de 217,15 m<sup>2</sup>. Estas dimensões são comumente observadas nos projetos de escoramento, em geral, principalmente por atender à altura de 3m do pé direito.

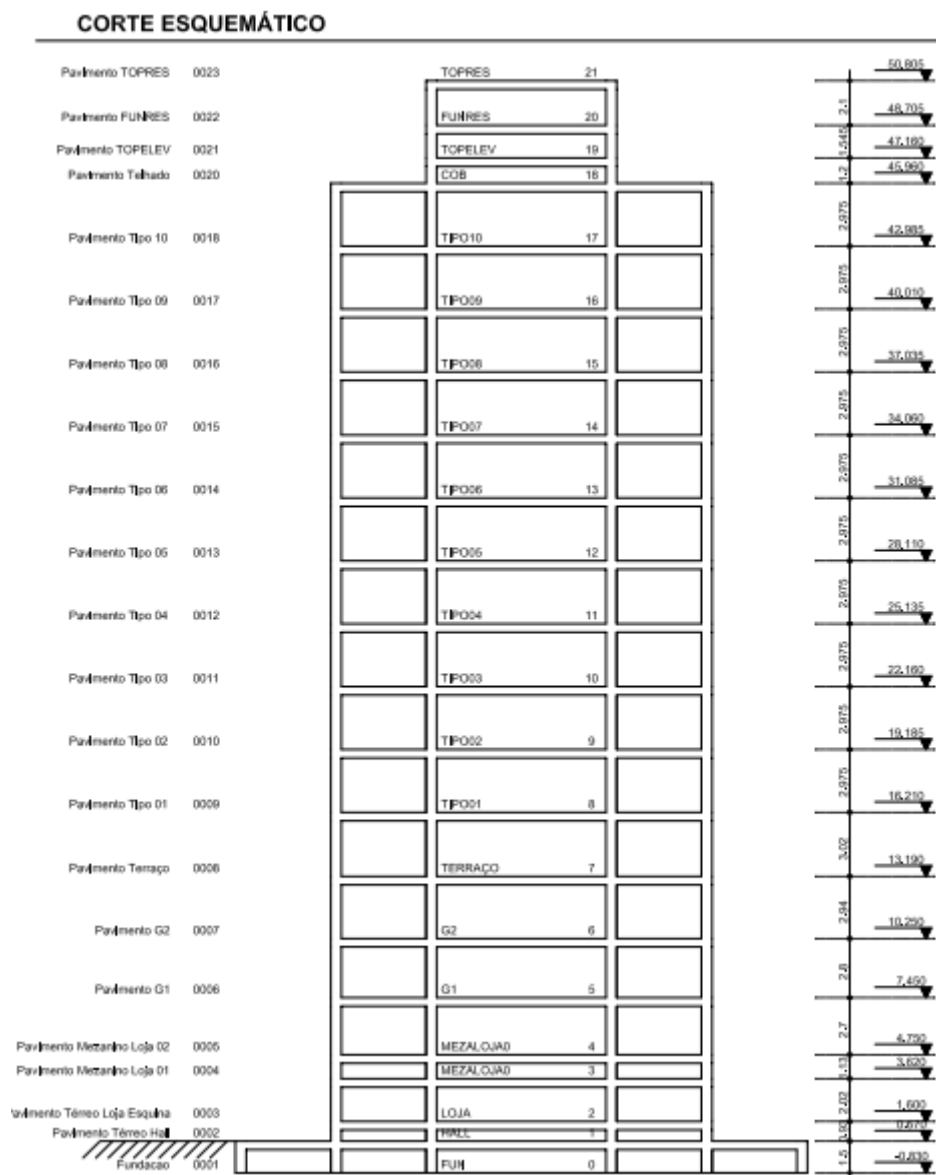


**Figura 24 – Detalhe em corte do Projeto de Escoramento 1**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

Na Figura 24, observa-se pela cota que o topo da laje está a uma altura de 2,98 m, em A é representado a base ajustável. Em B é o módulo básico de 1,80m. Em C é um console. Em D é o travamento. Em E é uma diagonal. Em F é um forçado múltiplo. Em G e H são vigas de madeira. I é o guarda-corpo e J é a laje. Vê-se também que a base e o forçado que são ajustáveis de 7 cm a 45 cm estão ajustados os dois em 24 cm cada um para tanto conseguir vencer o vão a ser escorado.

A Figura 25 representa o corte esquemático do Projeto 1 que conta com 21 pavimentos a serem escorados, e uma altura de 50,8 metros.





**Figura 25 – Corte Esquemático do Projeto de Escoramento 1**  
 Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.

A Figura 26 representa a tabela de equipamentos utilizados no Projeto de Escoramento 1. O material utilizado para o escoramento da laje que está sendo analisada totalizou 10401,66 kg.

TABELA DE EQUIPAMENTOS - METÁLICO			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	Peso (Kg)	QUANT.
580470000	GRAMPO PARA MONTANTE PARA GUARDA-CORPO S	11.45	43
586135000	ESCORA DOKA ECO 20 300	13.00	40
586170000	CABEÇA MÚLTIPLA H20	4.00	9
586179000	CABEÇA SIMPLES H20 DF	0.77	1
738040160	DIAGONAL D2 9.100 - 1.33M - AM	2.50	9
738040170	DIAGONAL D2 9.152 - 1.77M - LRJ	3.30	35
738040590	MODULO BASICO DI 1.80M	28.50	70
738040600	CONSOLE DI	5.00	24
738040610	FORCADO MULTIPLO DI C/ ROSCA 0.45M	8.40	164
738040620	PLACA DE BASE DI C/ ROSCA 0.45M	6.40	140
738040690	TRAVAMENTO X DI 18.100 - 1.54M - VD ESC	4.10	18
738040700	TRAVAMENTO X DI 18.152 - 1.93M - RX	5.20	70
738050080	CRUZETA 0.60 M PARA ECO 20	4.00	30
738050140	TRIPE RAPIDO ECO BR	11.20	9
	Peso TOTAL	6234.32 Kg	

TABELA DE EQUIPAMENTOS - H20 PRINCIPAL			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	Peso (Kg)	QUANT.
189930000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,90M	15.08	2
189931000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,90M	20.28	17
189932000	VIGA DOKA H20 ECO P 4,90M	25.48	4
189936000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,45M	12.74	11
189939000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,25M	6.50	1
189940000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,80M	9.36	2
189941000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,30M	17.16	8
189943000	VIGA DOKA H20 ECO P 4,50M	23.40	10
	Peso TOTAL	1013.48 Kg	

TABELA DE EQUIPAMENTOS - H20 BARROTE			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	Peso (Kg)	QUANT.
189930000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,90M	15.08	2
189931000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,90M	20.28	59
189936000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,45M	12.74	80
189940000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,80M	9.36	23
189941000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,30M	17.16	24
189943000	VIGA DOKA H20 ECO P 4,50M	23.40	12
	Peso TOTAL	3153.80 Kg	

**Figura 26 – Tabela de equipamentos do Projeto de Escoramento 1**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

Nesta tabela observa-se todo o material que foi utilizado para o escoramento da laje que está sendo estudada, vê-se todos os materiais metálicos que foi utilizado para o escoramento (base, forçado, módulo, escora, travamento, diagonal), observa-se também a linha principal de H20 que são apoiadas sobre o forçado e que dará sustentação as H20 barrote que aí apoiará a forma da laje e suportar todo o peso da laje.

#### 4.1.2 Projeto 2

A obra se localiza na cidade de Francisco Beltrão/PR, e será um edifício somente residencial. As Figuras 27 e 28 representam o projeto e o corte da planta do Projeto de Escoramento 2. O pavimento analisado possui uma área de 948,41 m<sup>2</sup> e a obra totaliza 7541,62 m<sup>2</sup>. Nesta obra, a distribuição do escoramento foi desenvolvida de acordo com o projeto que foi fornecido pela empresa de locação de escoras. O projetista utilizou dois tipos de equipamentos, sendo, conjunto de torres e escoras metálicas. O espaçamento máximo utilizado entre torres foi de 1,88m.

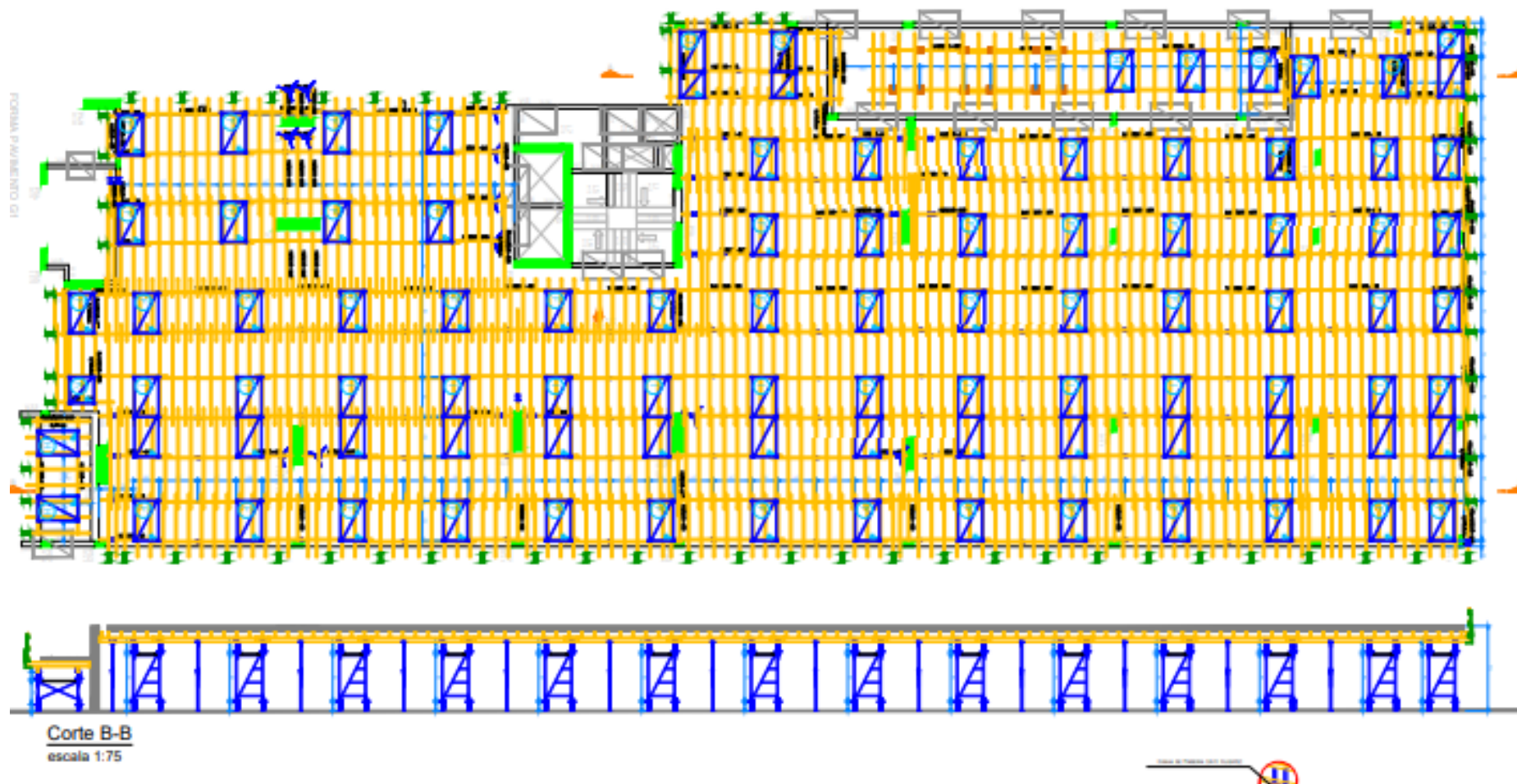
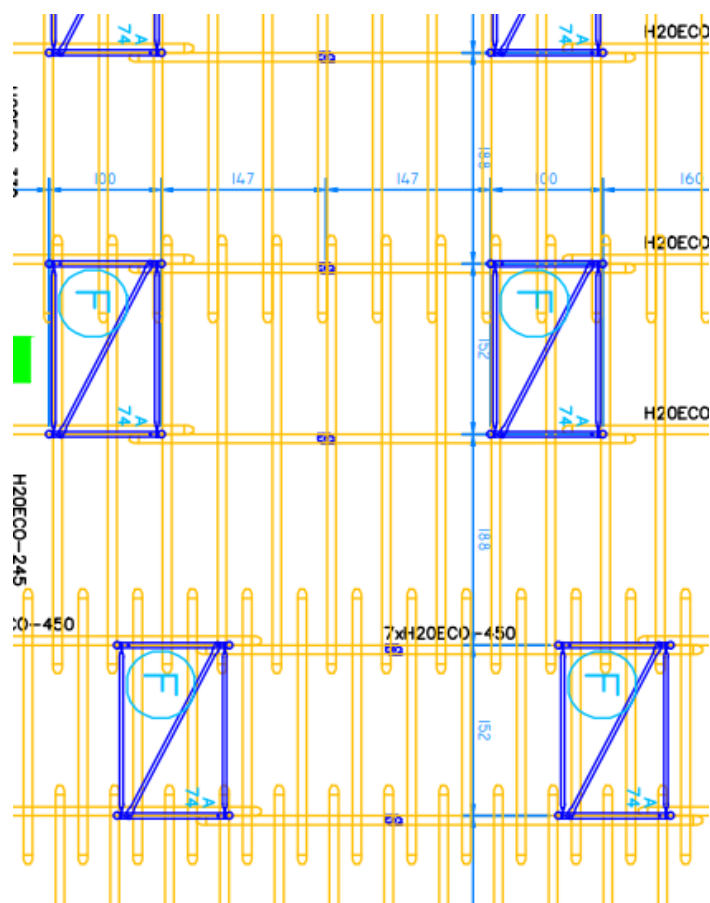
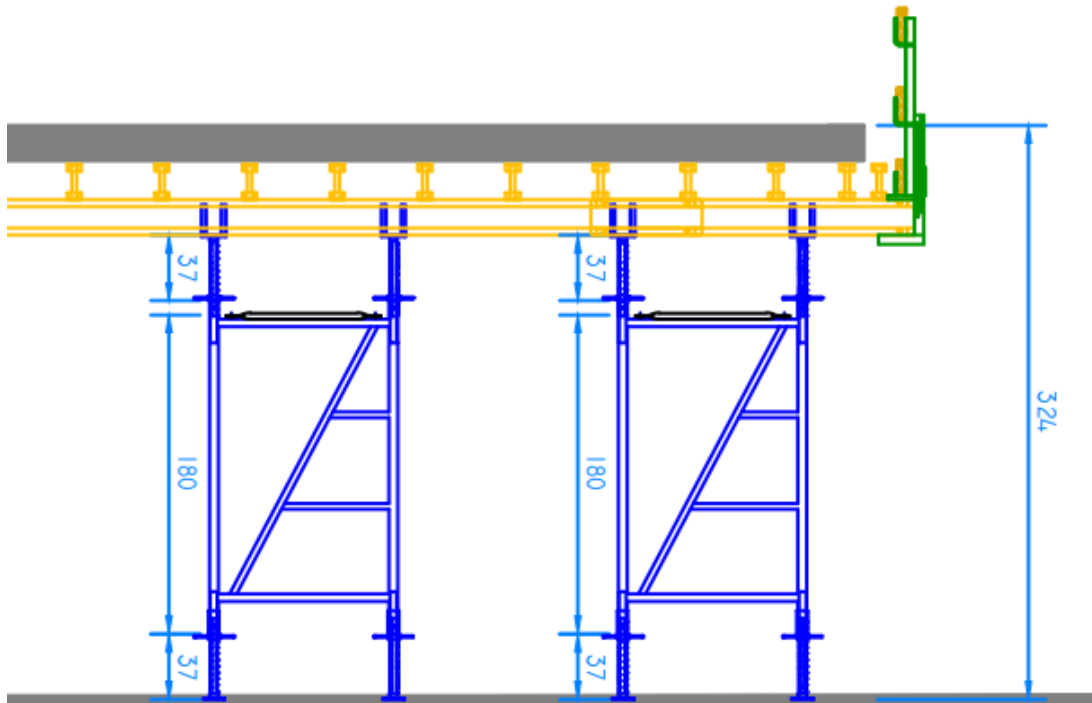


Figura 27 – Projeto de Escoramento 2  
Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.



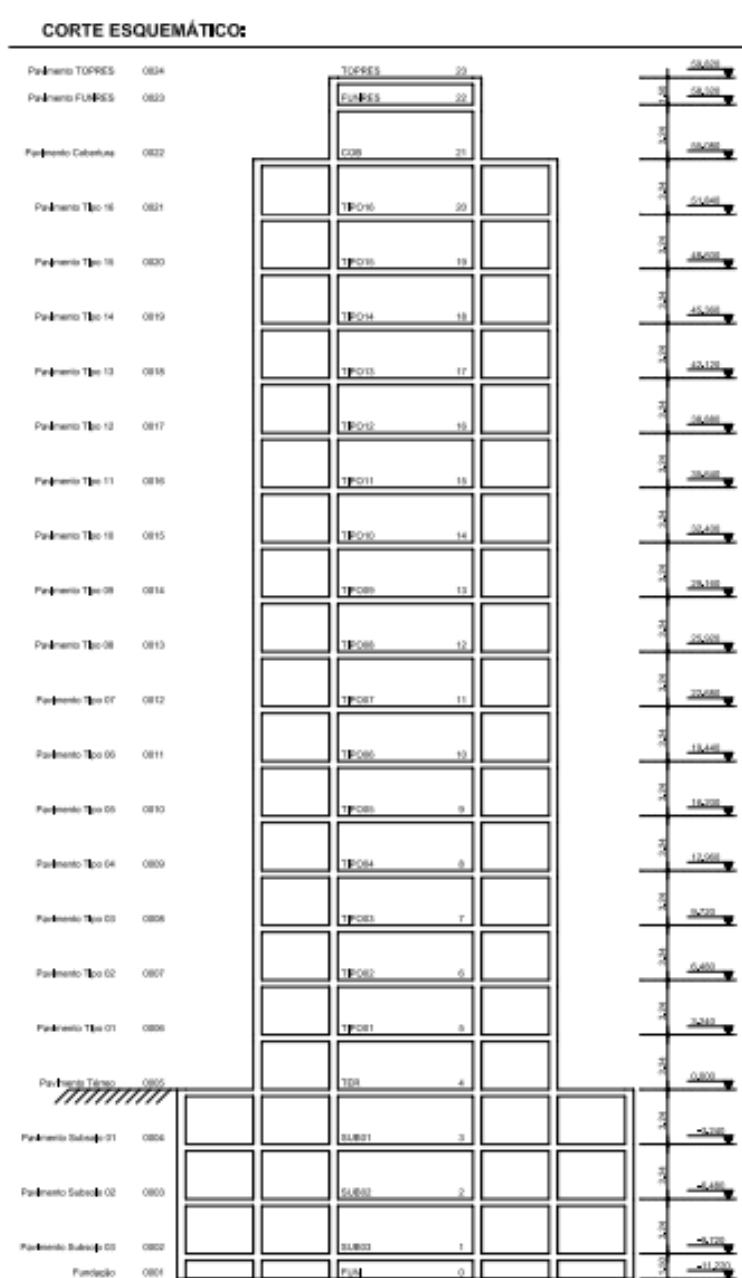
**Figura 28 – Detalhe de corte da planta do Projeto de Escoramento 2**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

A Figura 29 apresenta torres de carga com módulo básico de 1,80m, base e forçado ajustável, travamento em X, diagonal, sistema primário e secundário de vigas de escoramento, console e guarda corpo. O pavimento executado é uma laje maciça em protensão de espessura de 0,20 m, com um pé direito de 3,04 m e uma área total de 982,17 m<sup>2</sup>. As constituintes de escoramento representadas na Figura 29 são as mesmas do Corte do Projeto de Escoramento 1.



**Figura 29 – Detalhe de corte do Projeto de Escoramento 2**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

A Figura 30 representa o corte esquemático do Projeto 2. A área do pavimento que está sendo analisado é de 982,17 m<sup>2</sup>, com um pé direito de 3,04m e com 23 pavimentos, este edifício é composto por 3 pavimentos garagens e os demais pavimentos sendo de uso residencial. Conta ainda com área de salão de festas na cobertura para uso comum dos moradores.



**Figura 30 – Corte Esquemático do Projeto de Escoramento 2**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

A Figura 31 representa a tabela de equipamentos utilizados no Projeto de Escoramento 2. O material utilizado consta com equipamentos metálicos, onde consta os equipamentos como (forcado, base, módulo, travamento...) além disso a laje principal é formada por H20 de madeira onde serão apoiadas sobre os forçados e a laje barrote (H20 de madeira) é onde a forma da laje será apoiada assim sustentando toda a estrutura da laje.

TABELA DE EQUIPAMENTOS - LAJES METÁLICO			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	Peso (Kg)	QUANT.
580470000	GRAMPO PARA MONTANTE PARA GUARDA-CORPO S	11.45	68
586135000	ESCORA DOKA ECO 20 300	13.00	159
586170000	CABEÇA MÚLTIPLA H20	4.00	35
586179000	CABEÇA SIMPLES H20 DF	0.77	124
738040160	DIAGONAL D2 9.100 - 1.33M - AM	2.50	4
738040170	DIAGONAL D2 9.152 - 1.77M - LRJ	3.30	91
738040570	MODULO BASICO DI 0.90M	15.90	6
738040580	MODULO BASICO DI 1.20M	19.50	2
738040590	MODULO BASICO DI 1.80M	28.50	165
738040610	FORCADO MULTIPLO DI C/ ROSCA 0.45M	8.40	346
738040620	PLACA DE BASE DI C/ ROSCA 0.45M	6.40	346
738040640	TRAVAMENTO X DI 9.152 - 1.65M - LRJ	3.30	6
738040670	TRAVAMENTO X DI 12.152 - 1.77M - VERM	6.10	2
738040690	TRAVAMENTO X DI 18.100 - 1.54M - VD ESC	4.10	8
738040700	TRAVAMENTO X DI 18.152 - 1.93M - RX	5.20	174
738050140	TRIPE RAPIDO ECO BR	11.20	12
	PESO TOTAL	14453.08 Kg	

TABELA DE EQUIPAMENTOS - LAJES PRINCIPAL			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	Peso (Kg)	QUANT.
189930000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,90M	15.08	4
189931000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,90M	20.28	6
189936000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,45M	12.74	13
189939000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,25M	6.50	3
189940000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,80M	9.36	18
189941000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,30M	17.16	4
189943000	VIGA DOKA H20 ECO P 4,50M	23.40	114
189955000	VIGA DOKA H20 ECO P 5,90M	30.68	17
	PESO TOTAL	3793.40 Kg	

TABELA DE EQUIPAMENTOS - LAJES BARROTE			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	Peso (Kg)	QUANT.
189930000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,90M	15.08	34
189931000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,90M	20.28	262
189936000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,45M	12.74	238
189939000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,25M	6.50	3
189940000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,80M	9.36	14
189941000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,30M	17.16	150
189943000	VIGA DOKA H20 ECO P 4,50M	23.40	27
	PESO TOTAL	12214.54 Kg	

**Figura 31 – Tabela de equipamentos do Projeto de Escoramento 2**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

O levantamento exato de material é feito somente a partir do desenvolvimento do projeto de escoramento, temos a segurança da estabilidade da laje durante sua concretagem até que ela se torne autoportante.

#### 4.1.3 Projeto 3



A obra fica localizada no município de Dois Vizinhos/PR e será para uso residencial e comercial. As Figuras 32 e 33 representam o projeto e o corte da planta do Projeto de Escoramento 3. O projetista utilizou no projeto torres e escoras metálicas. O espaçamento máximo utilizado entre torres foi de 1,90m. O pavimento analisado possui 992,53 m<sup>2</sup> e a obra total terá 6600,89 m<sup>2</sup>.

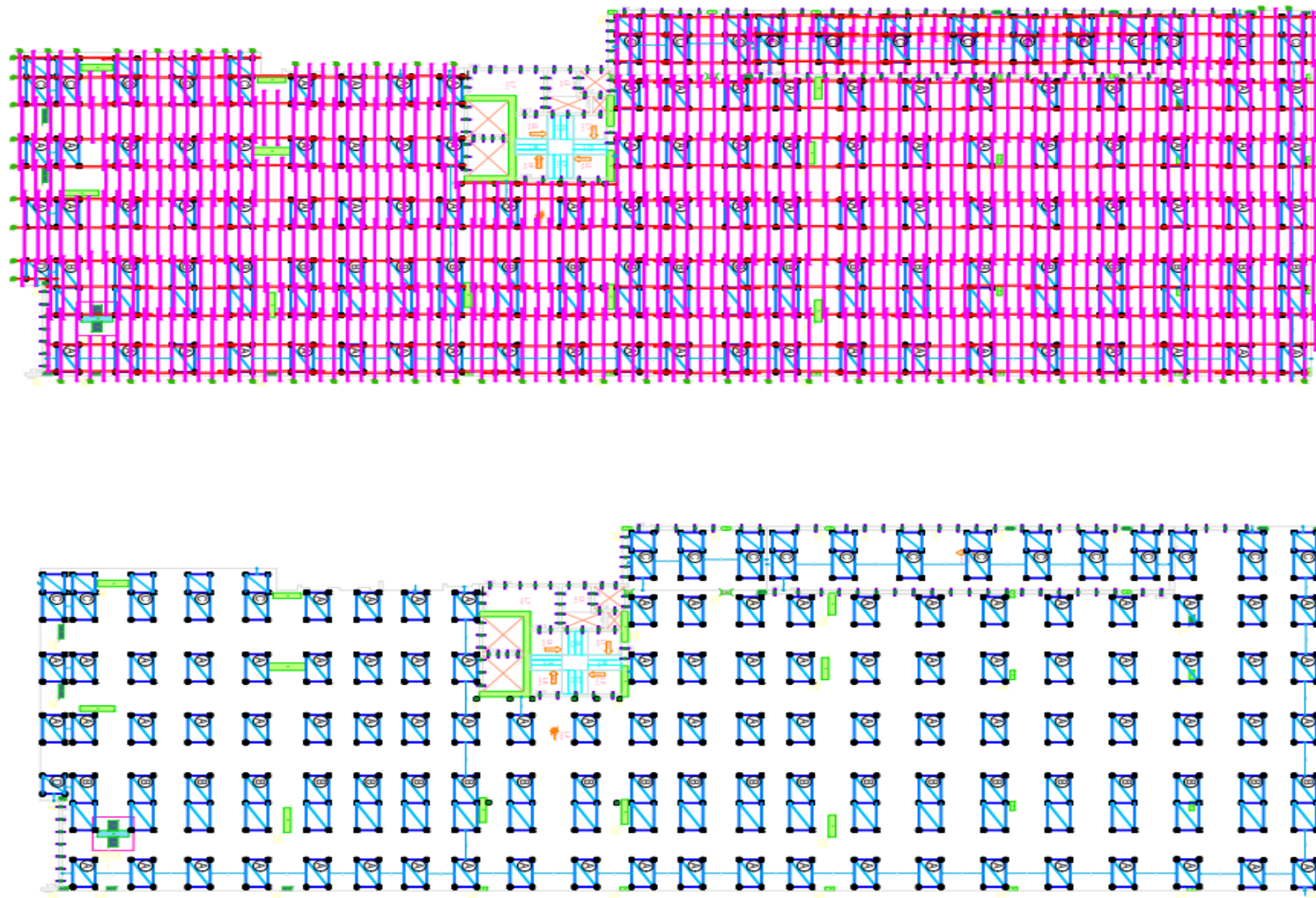
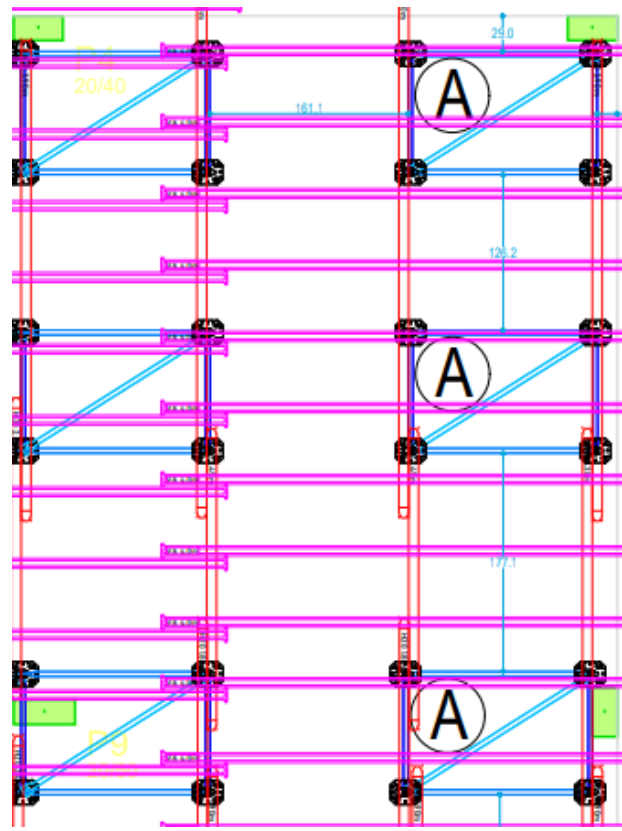


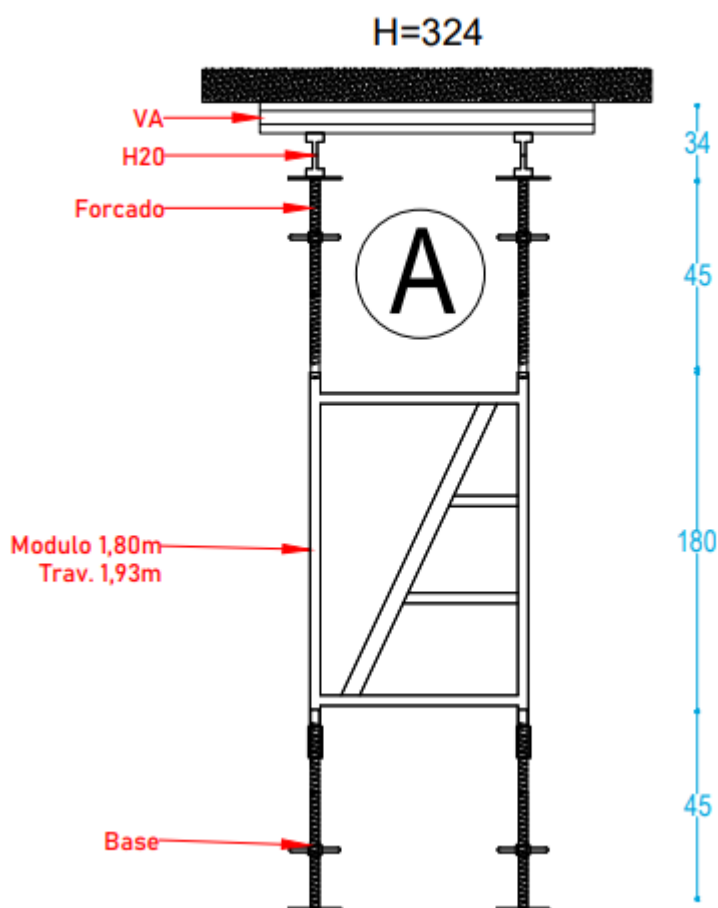
Figura 32 – Projeto de Escoramento 3  
Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.



**Figura 33 – Detalhe de corte da Planta do Projeto de Escoramento 3**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

A Figura 34 apresenta torres de carga com módulo básico de 1,80m, base e forçado ajustável, travamento em X, diagonal, sistema primário e secundário de vigas de escoramento. O pavimento executado é uma laje maciça em protensão de espessura de 0,20 m, com um pé direito de 3,04 m e uma área total de 992,53 m<sup>2</sup>.

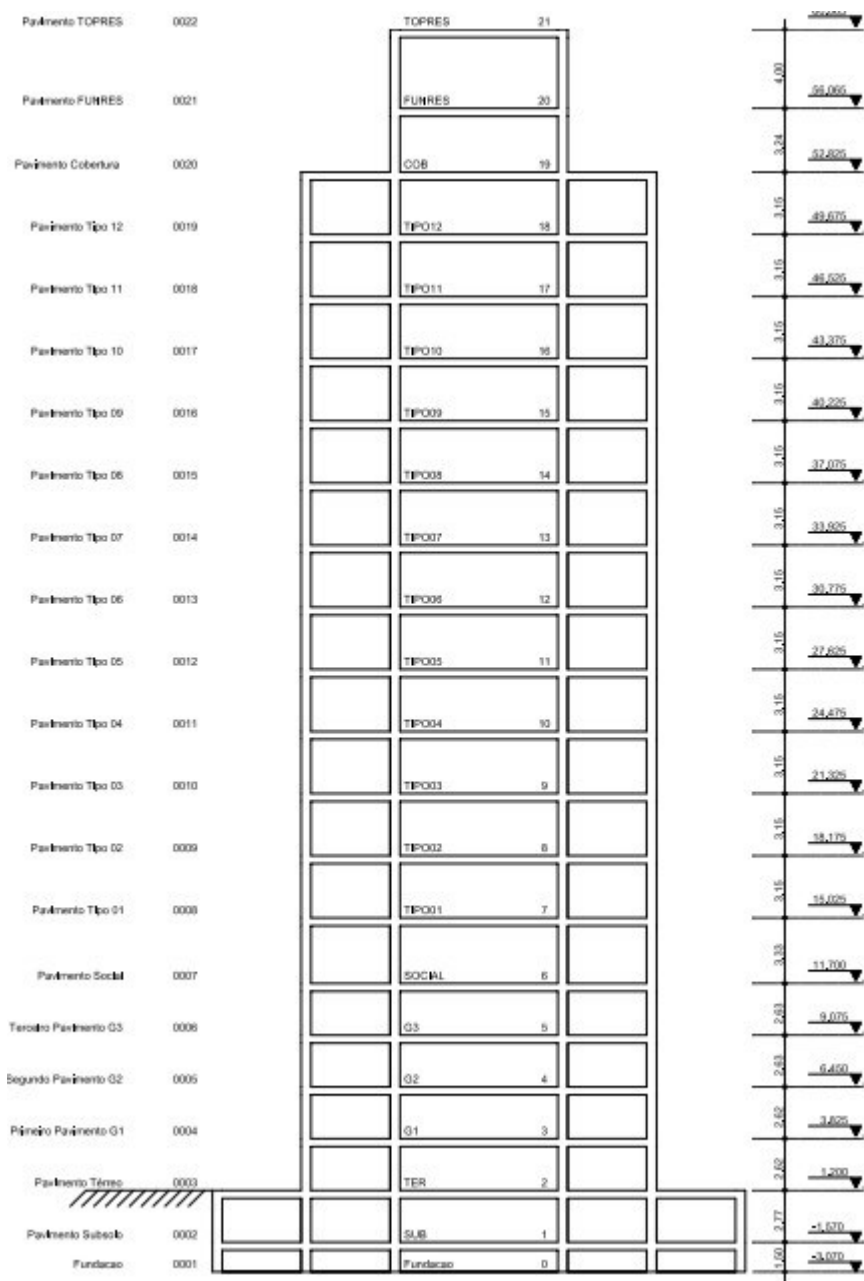
## DETALHE TORRE A - CORTE



**Figura 34 – Detalhe do corte 3**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

Na Figura 34, podemos observar o detalhamento da torre composta por módulo de 1,80 m com base e forçado sendo ajustado em 45 cm para vencer o vão da laje a ser escorado, que ainda é composto por linha primária e secundária de H20 de madeira que juntas somam 34 cm.

A Figura 35 representa o corte esquemático do Projeto 3, que conta com 21 pavimentos, sendo o primeiro comercial, com 3 pavimentos de garagem e os demais sendo de uso residencial.



**Figura 35 – Corte Esquemático do Projeto de Escoramento 3**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

A Figura 36 representa a tabela de equipamentos utilizados no Projeto de Escoramento 3, que é fornecida pela empresa locadora de escoramento. O material utilizado totalizou 34030 kg.

LAJE E VIGAS			
DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	PESO UNITÁRIO	PESO TOTAL
<b>METÁLICA</b>			
<i>CRUZETA</i>	<i>107</i>	4	428
<i>DIAGONAL DI 1.33 M</i>	<i>19</i>	2,5	47,5
<i>DIAGONAL DI 1.77 M</i>	<i>144</i>	3,3	475,2
<i>ESCORA DOKA 3.50 M</i>	<i>115</i>	15,3	1759,5
<i>FORCADO MULTIPLO COM REGULAGEM</i>	<i>580</i>	8,4	4872
<i>GRAMPO GUARDA CORPO</i>	<i>68</i>	11,45	778,6
<i>MÓDULO BÁSICO DI 1.80 M</i>	<i>286</i>	28,5	8151
<i>PLACA BASE COM REGULAGEM</i>	<i>572</i>	6,4	3660,8
<i>TRAVAMENTO DI 1.53 M</i>	<i>38</i>	4,1	155,8
<i>TRAVAMENTO DI 1.93 M</i>	<i>288</i>	5,2	1497,6
<b>TOTAL METÁLICA - TONELADA</b>			<b>21,83</b>
<b>ALÚMINIO</b>			
<i>VIGA DE ALÚMINIO 1.5 M</i>	<i>39</i>	6	234
<i>VIGA DE ALÚMINIO 2.0 M</i>	<i>44</i>	8	352
<i>VIGA DE ALÚMINIO 2.5 M</i>	<i>92</i>	10	920
<i>VIGA DE ALÚMINIO 3.0 M</i>	<i>26</i>	12	312
<i>VIGA DE ALÚMINIO 3.5 M</i>	<i>135</i>	14	1890
<i>VIGA DE ALÚMINIO 4.0 M</i>	<i>261</i>	16	4176
<i>VIGA DE ALÚMINIO 4.5 M</i>	<i>5</i>	18	90
<b>TOTAL ALÚMINIO - TONELADA</b>			<b>7,97</b>
<b>MADEIRA</b>			
<i>VIGA DOKA H20 DI: 1.80 M</i>	<i>13</i>	9,86	128,18
<i>VIGA DOKA H20 DI: 2.45 M</i>	<i>22</i>	13,24	291,28
<i>VIGA DOKA H20 DI: 2.90 M</i>	<i>5</i>	15,58	77,9
<i>VIGA DOKA H20 DI: 3.30 M</i>	<i>17</i>	17,66	300,22
<i>VIGA DOKA H20 DI: 3.90 M</i>	<i>11</i>	20,78	228,58
<i>VIGA DOKA H20 DI: 4.50 M</i>	<i>107</i>	23,9	2557,3
<i>VIGA DOKA H20 DI: 5.90 M</i>	<i>21</i>	31,18	654,78
<b>TOTAL MADEIRA - TONELADA</b>			<b>4,24</b>
		<b>TOTAL KG</b>	<b>34,04</b>

Figura 36 – Tabela de equipamentos do Projeto de Escoramento 3  
Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.

Na tabela vê-se o descritivo de material utilizado para o escoramento a ser analisado, com os alumínios sendo representados por linha secundária de H20 de madeira, onde suporte para a forma da laje e a madeira sendo as H20 de madeira que se apoiam sobre os forçados.

#### 4.1.4 Projeto 4

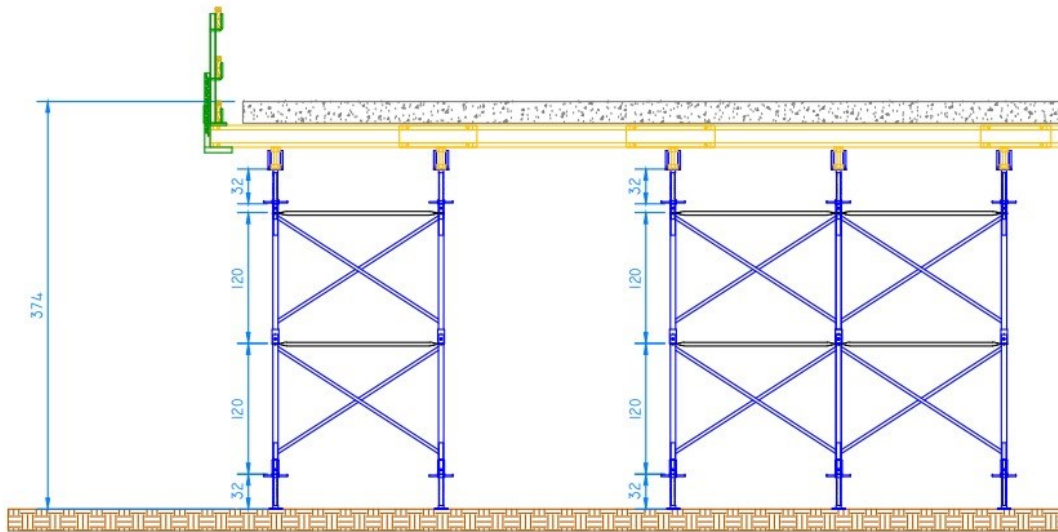
As Figuras 37 e 38 representam o projeto e o corte da planta do Projeto de Escoramento 4. O espaçamento máximo utilizado entre torres foi de 2,13m.

A obra se localiza na cidade de Pato Branco/PR, e será um edifício somente comercial. O pavimento analisado possui 378,90 m<sup>2</sup> e a obra total terá 1713,00 m<sup>2</sup>. Nesta obra, a distribuição do escoramento foi desenvolvida de acordo com o projeto que foi fornecido pela empresa de locação de escoras como foi verificado em visita da obra do Projeto 4 (Figura 39).



**Figura 37 – Projeto de Escoramento 4**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

Na figura 37 vê-se que a altura da laje a ser escorada é de 3,74 m sendo o vão vencido por módulos de 120 m um sobre o outro com base e forçado sendo ajustados com 32 cm para assim vencer o vão a ser escorado.



**Figura 38 – Detalhe do corte da Planta do Projeto de Escoramento 4**  
**Fonte Locadora de Escoramento, 2021.**



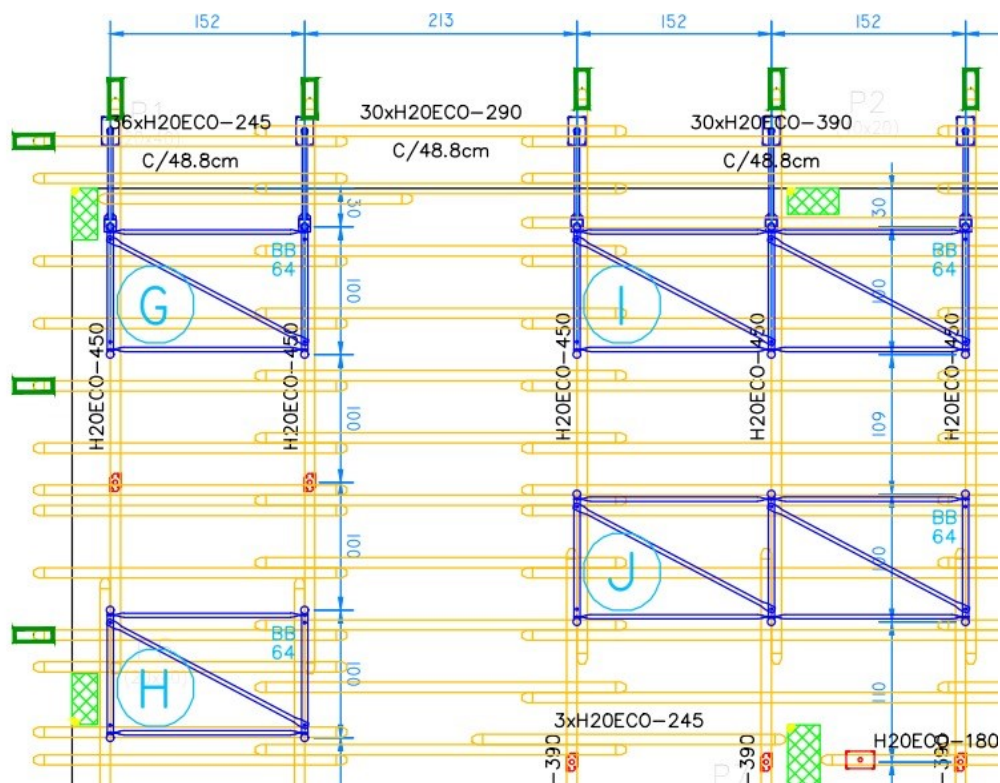


**Figura 39 – Acompanhamento da Obra do Projeto 4**

**Fonte: Próprio Autor, 2021.**

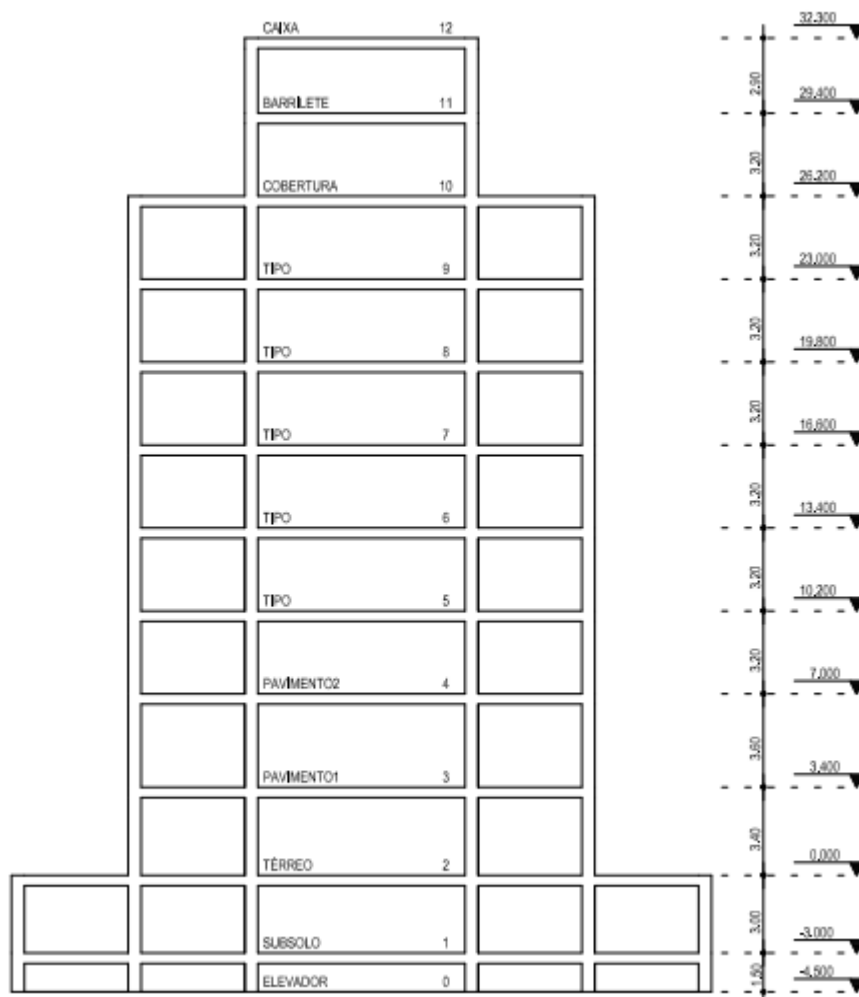
Nesta imagem, é possível observar os conjuntos de módulos (com base e forçado) do tipo torre distribuídos na laje. Assim como a linha primária e a linha secundária de madeira dando suporte a laje.

A Figura 40 apresenta torres de carga com módulo básico de 1,80m e uma torre isolada de 1,20m, base e forçado ajustável, travamento em X, diagonal, sistema primário e secundário de vigas de escoramento. Na imagem vê-se claramente na cota a distância máxima de 2,13 m que o projetista utilizou no escoramento da laje.



**Figura 40 – Corte do Projeto de Escoramento 4**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

A Figura 41 representa o corte esquemático do Projeto 4. O edifício possui 11 pavimentos, sendo o subsolo garagem, e os demais pavimentos salas comerciais, tendo em seu todo a caixa d'água a uma altura de 32,3m do térreo.



**Figura 41 – Corte Esquemático do Projeto de Escoramento 4**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

A Figura 42 representa a tabela de equipamentos utilizados no Projeto de Escoramento 4. O material utilizado totalizou 13821,53 kg.

TABELA DE EQUIPAMENTOS - LAJES METÁLICO			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	PESO (Kg)	QUANT.
580470000	GRAMPO PARA MONTANTE PARA GUARDA-CORPO S	11.65	36
586136000	ESCORA DOKA ECO 20 350	15.30	64
586170000	CABEÇA MÚLTIPLA H20	4.00	15
586179000	CABEÇA SIMPLES H20 DF	0.77	49
738040170	DIAGONAL D2 9.152 - 1.77M - LRJ	3.30	80
738040290	PINO 16 MM D2	0.30	14
738040580	MODULO BASICO DI 1.20M	19.50	138
738040600	CONSOLE DI	5.00	14
738040610	FORCADO MULTIPLO DI C/ ROSCA 0.45M	8.40	152
738040620	PLACA DE BASE DI C/ ROSCA 0.45M	6.40	138
738040670	TRAVAMENTO X DI 12.152 - 1.77M - VERM	6.10	160
738050140	TRIFE RAPIDO ECO BR	11.20	8
PESO TOTAL		7743.93 Kg	

TABELA DE EQUIPAMENTOS - LAJES BARROTE			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	PESO (Kg)	QUANT.
189930000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,90M	15.08	30
189931000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,90M	20.28	108
189936000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,45M	12.74	74
189939000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,25M	6.50	10
189940000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,80M	9.36	7
189941000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,30M	17.16	64
PESO TOTAL		4814.16 Kg	

TABELA DE EQUIPAMENTOS - LAJES PRINCIPAL			
Código	DESCRIÇÃO DAS PEÇAS	PESO (Kg)	QUANT.
189930000	VIGA DOKA H20 ECO P 2,90M	15.08	3
189931000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,90M	20.28	21
189932000	VIGA DOKA H20 ECO P 4,90M	25.48	20
189939000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,25M	6.50	2
189940000	VIGA DOKA H20 ECO P 1,80M	9.36	2
189941000	VIGA DOKA H20 ECO P 3,30M	17.16	1
189943000	VIGA DOKA H20 ECO P 4,50M	23.40	10
PESO TOTAL		1263.60 Kg	

**Figura 42 – Tabela de equipamentos do Projeto de Escoramento 4**  
**Fonte: Locadora de Escoramento, 2021.**

Na tabela vê-se o descritivo de todos os materiais que foram utilizados para o escoramento da laje que está sendo analisada composta por todos os equipamentos metálicos utilizados no escoramento e as H20 de madeiras da linha primária e secundária.

#### 4.1.5 Parâmetros para o desenvolvimento do escoramento metálico

No Quadro 5 é possível observar um quadro informativo, reunindo as principais informações dos projetos de escoramento metálico. Muitas vezes estes projetos estão condicionados a disponibilidade de material que está disponível em estoque. Quando se trata de projetos de escoramento metálico, primeiramente se deve observar a espessura da laje e o pé direito para definir o conjunto de

escoramento. A partir disto, se deve analisar os projetos onde estarão apoiadas as bases das escoras, estas suportarão toda a carga da estrutura, servindo como base.

A distância máxima entre as torres é definida pela norma NBR 15696:2009, mas a escolhida respeitando este limite será de acordo com a carga solicitada pela estrutura e com a espessura da laje. A distância mínima não é definida por norma, porém, se deve considerar o custo final desta obra para evitar possíveis exageros e desperdício financeiro.

O tamanho da laje também é um fator que influencia na hora do escoramento da laje, vê-se nos projetos que as distâncias entre as torres metálicas seguem uma distância padrão dentro de cada projeto, para facilitar a montagem em canteiro de obra, esta distância também é influenciada pelas dimensões da laje. Além disto tem-se que fazer uma análise dos elementos que compõem o projeto, que acabam também sendo determinantes na hora do escoramento metálico como capitéis e vigas com rebaixo ou elevações, pilares, rampas, e inclinações na laje tem influência direta no escoramento e como será disposta estes materiais na laje.

Com base na norma e nos catálogos foi possível verificar alguns critérios que regem os projetos de escoramento, assim como no acompanhamento das obras, foram analisados os parâmetros para o escoramento, garantindo um escoramento seguro, bem estipulado financeiramente e que atendeu as necessidades de cada projeto.

É possível observar no Quadro 5 que para pés direitos de até 3,05m se utilizou conjuntos de torre com 1,80m de altura, a partir disso teve a junção de módulos de diferentes alturas como visto no projeto 4 que foi utilizado módulos de 120 m.

**Quadro 5 – Informativo dos projetos utilizados para comparação e determinação dos parâmetros para escoramento metálico**

Projeto de Escoramento Metálico	Área do pavimento (m <sup>2</sup> )	Área Total do Prédio (m <sup>2</sup> )	Espessura da Laje (m)	Distância Máxima entre as Torres (m)	Pé Direito	Peso Total (kg)	Número de Pavimentos
Projeto 1	217,15	3210,36	0,2	1,68	2,78	10401,66	21
Projeto 2	948,41	7541,62	0,2	1,88	3,04	30461,02	23
Projeto 3	992,53	6600,89	0,2	1,9	3,04	34030	21
Projeto 4	378,9	1713	0,2	2,13	3,74	13821,53	11

Fonte: Próprio Autor, 2021

Após a montagem do conjunto de escoramento, é montada a forma e posteriormente sua armadura, para então ser concretada a laje, onde o escoramento vai receber toda a carga que foi dimensionada para suportar. Após passar o tempo de cura do concreto e ele se tornar autoportante, é desmontado o conjunto de escoramento, para assim ser reutilizado na próxima laje a ser escorada.

Com base nos projetos observados e a partir da norma e do catálogo, foram determinados parâmetros para o escoramento metálico, que podemos observar no quadro a seguir:

**Quadro 6 – Diretrizes para escoramento metálico**

QUADRO	
<b>Espessura da laje</b>	É onde o engenheiro determinará para qual carga irá dimensionar o escoramento metálico.
<b>Pé direito</b>	Deve se observar o pé direito da laje a ser escorada, pois é aí onde se determina qual o conjunto de escoramento que vai utilizar no escoramento da laje.
<b>Elementos que compõe o projeto</b>	Estes elementos influenciam na distribuição do escoramento podendo ser barreiras, que alterem as características do escoramento.
<b>Dimensões da laje</b>	As dimensões da laje determinam quantos conjuntos de escoramento irei utilizar assim como interfere na distância entre as torres visto que elas irão escorar laje de acordo com as dimensões dela.
<b>Base do escoramento</b>	Deve se observar onde vai se apoiar a base do escoramento, tendo a cautela de observar as particularidades da base como vãos, rampas e escadas, que podem alterar as características do escoramento.
<b>Distância máxima entre as torres</b>	A distância entre as torres metálicas é determinada a partir da carga que o escoramento será solicitado, tendo em norma NBR 15696 (2009), o distanciamento máximo não deve ultrapassar 2,00 m, mas se justificados pelo projetista poderão ser utilizados vãos maiores.
<b>Distância mínima</b>	A distância mínima não é especificada, mas deve se levar em conta a economia na utilização do material.

Fonte: Próprio autor, 2021.

A primeira característica a ser analisada para o desenvolvimento do escoramento metálico se dá através da espessura da laje de concreto armado, assim

estipulando qual o peso da laje, que na norma é caracterizado pelo peso específico do concreto armado de  $25 \text{ KN/m}^3$ .

Além do peso da laje deve ser considerado para o escoramento metálico a sobrecarga de utilização do pavimento na concretagem que é de  $1 \text{ KN/m}^2$  e a sobrecarga de trabalho deve ser no mínimo de  $2 \text{ KN/m}^2$ , não sendo inferior a  $4 \text{ KN/m}^2$  sendo considerado neste valor a carga estática total e o peso próprio dos elementos. A pressão do vento não deve ser inferior a  $0,6 \text{ KN/m}^2$ , quando se utiliza plataforma de trabalho, a sobrecarga mínima a ser considerada é de  $1,5 \text{ KN/m}^2$  e o peso próprio dos elementos e fôrmas (NBR 15696, 2009).

O pé direito da laje a ser escorada é determinante na escolha do tipo de conjunto de escoramento, pois este material tem que vencer o vão da laje atendendo todas as características e especificidades. A base onde as escoras serão apoiadas e as cargas do escoramento da laje distribuídos é crucial no escoramento metálico, pois se houver alguma particularidade como vãos, desníveis, escadas, elevações, que alteram as características destes pontos de escoramento das demais escoras utilizadas.

Os elementos que compõe a laje e precisam ser escorados alteram as características das escoras quando se comparado com uma laje sem muitas particularidades. Sendo capitéis, vigas, elevações, desnível e rebaixos alterando as características do escoramento. Além destes elementos as dimensões da laje, caracteriza a quantidade de material que será utilizado para escoramento, além de influenciar na distância entre as torres visto que estas distâncias são deixadas parecidas dentro de cada projeto para facilitar a montagem.

A distância máxima entre as torres definida pela norma é de  $2,00\text{m}$  entre elas, as com ressalvas, que se justificadas pelo engenheiro projetista estas distâncias podem ser maiores. A distância média máxima entre as escoras é de  $1,89 \text{ m}$ , que foi obtida entre a máxima distância entre as torres na análise dos 4 projetos. Vê-se que um projeto excedeu a limitação de  $2,00 \text{ m}$  estabelecida em norma, mas para tanto foi levada em consideração pelo projetista a carga que seria descarregada na escora e a resistência do material utilizado.

A distância mínima entre as escoras não é determinada nem por norma nem catálogo, mas se deve levar em consideração alguns fatores, como o custo de material e mão de obra se caso forem muito próximas, além da circulação de pessoas e materiais na obra que se caso forem muito próximas podem acabar sendo comprometidas.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho que tem como objetivo definir parâmetros para escoramento metálico de lajes maciças em concreto, passou primeiro por um levantamento bibliográfico, onde se caracterizou a laje maciça, além da caracterização do escoramento metálico e os materiais que compõe este conjunto de escoramento.

Além de uma análise da norma NBR 15696 (2009) e manual de escoramento DOKA (2014), que definem algumas características do escoramento e parâmetros que regem os projetos de escoramento metálico. Com base nas informações obtidas foi analisado 4 projetos de escoramento metálicos fornecidos por uma empresa de locação de materiais da cidade de Pato Branco, no Paraná. A partir desta norma e catálogos os engenheiros desenvolvem os projetos de escoramento, que a partir de uma análise dos projetos comparados com o que diz a norma e manual, todas cumpriram com os requisitos descritos, como a distância máxima entre as escoras.

A norma NBR15696 (2009), leva em consideração para o dimensionamento do escoramento metálico as cargas para o dimensionamento destas estruturas, como seu peso próprio, peso da estrutura e sobrecargas, tendo em vista um distanciamento máximo entre escoras e módulos de 2,00 m, podendo ser excedidos em caso onde os projetistas os justifiquem. Além disso o manual de escoramento DOKA (2014) leva em consideração o espaçamento de 0,50 m para linhas secundárias (H20), 1 metro para escoras metálicas e 2 metros em linha primária de H20 de madeira.

Desta forma a partir da análise de 4 projetos similares de escoramento metálicos, evidenciou-se que há sim um cuidado com a norma e catálogo, apesar de minimamente haver estas prescrições. E com estas análises foi possível apontar alguns parâmetros essenciais que sejam observados para o desenvolvimento dos projetos de escoramento metálico, em vista que muitas vezes estes projetos não são realizados pelas empresas locatárias, as empresas locadoras tem oferecido este serviço para as empresas locatárias, a fim de maximizar a utilização do escoramento e minimizar os riscos, que tem muita procura em virtude do aquecimento do mercado da construção civil e por todas as vantagens que o escoramento metálico traz, frente ao escoramento de madeira que vem sendo deixado de lado.

É possível através de um estudo e desenvolvimento de projeto, otimizar a utilização de escoras em obra, aumentando a segurança de sua obra com projetos bem elaborados seguindo os parâmetros definidos.



## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14931: Execução de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-1: Lajes pré-fabricadas de concreto Parte 1: Vigotas, minipainéis e painéis — Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14859-2: Lajes pré-fabricadas de concreto Parte 2: Elementos Inertes para Enchimento e Fôrma- Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.

BASTOS, PAULO SÉRGIO DOS SANTOS. 2015. **LAJES DE CONCRETO. Notas de Aula**. Bauru, SP: UNESP, 2015.

BRANDALISE, Guilherme Meurer, Luan Ives Wessling. 2015. **Estudo Comparativo De Custo Entre Laje Maciça Simples E Laje De Vigotas Pré-Fabricadas Treliçadas Em Edifícios De Até Quatro Pavimentos No Município De Pato Branco, Paraná, Brasil**. TCC. Pato Branco, PR:UTFPR, 2015.

CARMO, Eduardo João Zanotto do Carmo. 2007. **Fôrmas e Escoramentos**. Monografia. Itatiba, São Paulo: USF, 2007.

DICKEL, D. F. Estudo do espaçamento do escoramento remanescente em lajes de concreto armado que provoquem ações de construção compatíveis com as de projeto. Lajeado, RS. Tese de Doutorado, 2014.

DOKA, **Cimbra Doka d1- Información para el usuario Instrucciones de montaje y uso**, Catálogo, 2015.

FIDEL, R. The case study method: a case study. In: GLAZIER, Jack D. & POWELL, Ronald R. Qualitative research in information management. Englewood, CO: **Libraries Unlimited**, 238p. p.37-50, 1992.

FIGUEIREDO, Gustavo Pelissari Faria de Figueiredo. **Estimativa de Custos de Escoramentos Metálicos e de Madeira para Lajes Treliçadas Pré-fabricadas de Concreto**. TCC. Cuiabá, Mato Grosso: UFMT,2014.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, A. C., **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GLOBO. **Falha em escoramento de laje pode ter causado desabamento em SP**. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2012/01/falha-em-escoramento-de-laje-pode-ter-causado-desabamento-em-sp.html>>. Acesso em: 05 outubro. 2020.

INSON, Nathalia. 2020. **Laje Pré-Moldada: O Que É, Tipos, Preço e Vantagens**. Disponível em: <<https://www.vivadecora.com.br/revista/laje-pre-moldada/>> . Acesso em: 05 outubro. 2020.

PAGNO, Virginia Fernandes; Alisson Christian Lobato. 2012. **levantamento do emprego da estrutura metálica na construção civil**. Belém/PA. 2012.

PINI, **Manual SH de Fôrmas Para Concreto e Escoramentos Metálicos**. 1. Ed. São Paulo:Pini,2008.

PEREIRA, Caio. **Laje Pré-Moldada: O que é, principais tipos e vantagens**. Disponível em : <<https://www.escolaengenharia.com.br/laje-pre-moldada/>>. Acesso em: 05 outubro. 2020.

PNAD (Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. 2015).

**RESOLUÇÃO Nº 2, DE 24 DE ABRIL DE 2019 Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia.**

REZENDE, Rômulo Barbosa Rezende. **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.** Dissertação. Uberlândia, Minas Gerais:UFU,2010.

SCHOSSLER, Rodrigo Teixeira. 2016. **Análise Dos Esforços Em Lajes De Concreto Armado Devido O Carregamento Transmitido Pelas Escoras No Período De Construção De Uma Edificação.** TCC. Santa Maria, RS: UFSM, 2016.

TERES, Laryssa. 2020. **Laje Maciça de Concreto.** Disponível em: <<https://carluc.com.br/elementos-construtivos/laje-macica/>>. Acesso em: 05 outubro. 2020.

ZILLI, Elizandro. BORTOLOTTI, Franchubert. Estudo comparativo entre uma estrutura com laje convencional em concreto armado e uma estrutura com laje plana lisa protendida: Estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar na cidade de Pato Branco - PR. 2013. 133 f. Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Pato Branco, 2013.