



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

HUGO LEMOS AVELINO

**METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE
CIMBRAMENTO INDUSTRIALIZADOS DE LAJES**

Recife
2018

HUGO LEMOS AVELINO

**METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE
CIMBRAMENTO INDUSTRIALIZADOS DE LAJES**

Dissertação apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil

Área de concentração: Engenharia Estrutural

Orientador: Prof. Dr. Jose Jeferson do Rego Silva

Recife

2018

A948m Avelino. Hugo Lemos

Metodologia para o desenvolvimento de projetos de cimbramento industrializados de lajes / Hugo Lemos Avelino - 2018.

58 folhas, Ilus. e Tab.

Orientador: Prof. Dr. Jose Jeferson do Rego Silva.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, 2018.

Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia Civil. 2. Cimbramento. 3. Escoramento. 4. Trama. 5. Compensado. Lajes. 6. Manual. I. Silva, Jose Jeferson do Rego (Orientador). II. Título

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2018-415

HUGO LEMOS AVELINO

**METODOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE
CIMBRAMENTO INDUSTRIALIZADOS DE LAJES**

Dissertação apresentada ao Programa de
Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Pernambuco, como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil

Aprovada em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Jose Jeferson do Rêgo Silva (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Tiago Ancelmo Carvalho Pires (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Paulo Fernando Silva Sousa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

RESUMO

É notório o nível de importância que o planejamento e os projetos fazem em uma construção, essa importância, entretanto é negligenciada por diversos profissionais do ramo, que foram acostumados a terem uma demanda muito grande de obras e pouco tempo para planejamento durante a boa era da construção, essa falta de planejamento acarretou em diversos desperdícios de material e um grande aumento no orçamento global dos empreendimentos. No quesito de projetos de cimbramento não foi diferente, a montagem dessas estruturas provisórias, muitas vezes eram confiadas na experiência de profissionais, com a utilização de madeira, e o reuso desses materiais eram bem reduzidos, com uma montagem que demorava muito tempo para ser concluída. Com o intuito de aumentar a quantidade de vezes para o reuso, por uma questão sustentável, e reduzir o tempo de montagem, aumentando assim a produtividade, surgiram os cimbramentos industrializados no Brasil, sendo maioria dos materiais importados e sem muito estudo sobre o mesmo, foi se consolidando no mercado com o intuito de aumentar a produtividade. Cimbramento é composto basicamente de 3 elementos básicos: suporte, trama e compensado, além dos acessórios extras para cada situação envolvida, e é com o intuito de mostrar o procedimento e as tomadas de decisões para um projeto de cimbramento, que esse relatório foi desenvolvido, e virá como uma espécie de manual se especificando nas lajes mais comuns utilizadas no Brasil (ex.: lajes nervuradas, maciças e treliçadas). Diante dos resultados desse trabalho, poderemos tirar conclusões da importância do desenvolvimento desses projetos e de um estudo mais aprofundados acerca dos elementos básicos do processo.

Palavras-chave: Cimbramento. Escoramento. Trama. Compensado. Lajes. Manual.

ABSTRACT

It's notorious, the level of importance that the planning and the projects make in a construction, this importance, however is neglected by several professionals of the market, who were accustomed to have a lot of works and not so much time for planning during the great times of construction, this lack of planning resulted in several material wastes and an increase in the overall budget of the projects. In the case of shoring, it wasn't different, the assembly of these temporary structures, were often entrusted in the experience of professionals, with the use of wood, and the reuse of these materials were very low, with an assembly which took a very long time. In order to increase the number of times for reuse, due to a sustainable issue, and to reduce assembly time, thus increasing productivity, industrialized shoring appeared in Brazil, most of them imported materials and without much study on this, was consolidating itself in the market to increase productivity. Shoring consists basically of 3 basic elements: support, weft and plywood, in addition to the extra accessories for each situation involved, and it is with the intention of showing the procedure and the decision making for a shoring project, that this report will come as a manual, being more specified in slabs of the most common types used in Brazil (for examples: massive, trellised and ribbed slabs). From the results we can draw conclusions about the importance of developing these projects and a more in-depth study of the basic elements of the process.

Keywords: Shoring. Framework. Plywood. Slabs. Manual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Empresas associadas a ABRASFE (Fonte: www.abrasfe.org.br).....	15
Figura 2 – Esquema de majoração de cargas	16
Figura 3 – Foto de Obra pela PERI em caruaru, utilizando linhas guias.....	17
Figura 4 – Características físicas de vigota treliçada.....	18
Figura 5 – Foto de Obra pela PERI em Paulista, lajes e vigas protendidas.....	19
Figura 6 – Legendas de encunhamento para projetos inclinados da PERI	19
Figura 7 – Cortes otimizados dos painéis de compensado.....	21
Figura 8 - Painéis de compensado chanfrados.....	21
Figura 9 – Centralização dos menores cortes.....	22
Figura 10 - Faixas de reescoramento	22
Figura 11 – Exemplo de ábaco para cálculo de espaçamento máximo	25
Figura 12 – Apoio dos compensados 122x244 em 2 casos de apoio	26
Figura 13 - Relação de apoios otimizada (Fonte: Maranhão, 2000)	27
Figura 14 - Estudo de caso para vão de 3,6 metros em Ftool	27
Figura 15 - Casos de lajes em balanço.....	29
Figura 16 - Distanciamento no sentido transversal das transversinas	30
Figura 17 – Distanciamento no sentido longitudinal das transversinas.....	30
Figura 18 - Definição da Largura de influência das longarinas	31
Figura 19 - Exemplo de cálculo de cargas axiais sobre escoras	32
Figura 20 – Escoras da PERI PEP Ergo	33
Figura 21 - Sistema PERI UP Rosset Flex de escoramento	33
Figura 22 - Perspectiva ilustrada do empreendimento.....	35
Figura 23 - Tipos de lajes no empreendimento.....	37
Figura 24 – Tabela com informações geométricas dos moldes	38
Figura 25 - Numeração e disposição das longarinas de lajes em estudo	41
Figura 26 - Comprimentos disponíveis para transversinas da PERI	41
Figura 27 - Análise para modelagem do transversinas da Laje 1	42
Figura 28 - Análise para modelagem do transversinas da Laje 3	43
Figura 29 - Análise para modelagem das transversinas da Laje 3	44
Figura 30 - Comprimentos disponíveis para longarinas da PERI.....	46
Figura 31 – Pior Cenário – Laje 2 – Tri apoiada	47

Figura 32 - Análise estrutural pior caso - Longarina	47
Figura 33 - Obtenção de carga máxima axial de escoras.....	48
Figura 34 - Malha de influência para escoras metálicas	49
Figura 35 - Finalização do barroteamento, e pos. dos compensados.....	58
Figura 36 - Finalização do pos. dos compensados e início dos moldes	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo de Escoramentos.....	14
Tabela 2 – Características mecânicas das madeiras mais comuns.....	23
Tabela 3 – Lista de materiais com base nas solicitações do cliente	50
Tabela 4 - Lista de materiais com base no dimensionamento em estudo	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO	11
1.2	JUSTIFICATIVA	11
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	12
2	PROJETOS DE CIMBRAMENTO	13
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	13
2.2	ESCOLHA DO CIMBRAMENTO	13
3	CONSIDERAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO	16
3.1	CARGAS ATUANTES	16
3.1.1	Laje Nervurada.....	17
3.1.2	Laje Trelçada.....	18
3.1.3	Laje Maciça	19
3.1.4	Estruturas Inclinadas	19
3.2	METODOLOGIA	20
3.2.1	Compensado.....	20
3.2.2	Trama	26
3.2.3	Suporte	31
4	ESTUDO DE CASO	35
4.1	CARGAS ATUANTES	36
4.2	MEMORIAL DE CÁLCULO	39
4.2.1	Compensado.....	39
4.2.2	Trama	40
4.2.3	Suporte	48
5	CONCLUSÕES	50
	REFERÊNCIAS.....	52
	ANEXOS	53

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Engenharia Civil vem ganhando cada vez mais novos conceitos, que exigem maior planejamento diante da execução de uma obra. Pode-se citar como exemplos “Lean Construction” e “Construtibilidade”, os quais desafiam os atuais profissionais da construção civil a deixar de lado seus paradigmas de gestão de obras, e adaptar as novas tecnologias e técnicas que são fornecidas no mercado, com o intuito de otimizar o espaço, tempo e os recursos exigidos no canteiro de obras.

Um dos grandes desafios da realidade brasileira é a redução dos desperdícios no canteiro, para isso já foram desenvolvidas várias técnicas de organização, padronização e limpeza. Porém, para uma redução significativa dos excessos de material, além de seguir essas técnicas faz-se necessário um maior planejamento dos materiais que vão ser utilizados em obra. O material com maior influência nesses desperdícios em obra é a madeira.

É comum observarmos nas obras do Brasil além de formas, muitas estruturas de suporte que utilizam esse tipo de material na obra, que por ser barato e de fácil manuseio, geralmente são rapidamente descartados, sem serem reaproveitados. Recentemente, diversas empresas surgiram com novos materiais para substituir o uso da madeira nesse campo, de tal modo que além de influenciar na sustentabilidade do projeto, reduziria tais desperdícios e agilizaria os processos construtivos.

Cimbramento é definido como conjunto de 3 elementos, suporte, trama e acessórios que formam uma estrutura de suporte provisória, para receber as cargas de concretagem. Essa técnica é um dos principais ícones no processo construtivo para substituição da madeira, e cada vez mais as empresas vem investindo nesse ramo de engenharia. As empresas de engenharia geralmente possuem uma equipe técnica capacitada para desenvolver os projetos, os espaçamentos são especificados em planta e apenas o material necessário para o desenvolvimento da obra é utilizado, desta forma há uma diminuição significativa do desperdício de material, resultando em economia de tempo, material e recursos financeiros.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho de conclusão de curso busca, em caráter amostral elaborar um manual que auxiliasse no desenvolvimento dos projetos, e que reunissem as tomadas de decisão de posicionamento das escoras, e vigas nos projetos de cimbramento a fim de garantir uma melhor construtibilidade para uma obra, e deixar uma construção mais enxuta, respeitando as regras de cálculo utilizada em escritórios da área. Também vem com o intuito de demonstrar através de um comparativo entre projetos que foram utilizados na prática, a importância do desenvolvimento de projetos nessa área, no lugar de técnicas usadas comumente por grandes construtoras.

Será feito uma demonstração do passo a passo da metodologia de cálculo, demonstrando todas as fórmulas usadas para o desenvolvimento. Através de um estudo de caso, será possível analisar as decisões tomadas para o posicionamento das vigas que apoiaram a estruturas, e demonstrar a redução de custos e quantidade de material, quando comparada a padronização de escoramentos.

1.2 JUSTIFICATIVA

Uma empresa de construção civil que trabalha com o uso de sistema de cimbramento industrializados, pode locar, ou comprar esse material com a fornecedora. No entanto, quando as empreiteiras compram o material, para usá-lo em suas obras, é de responsabilidade dela, o desenvolvimento desses projetos para o melhor uso do sistema, e não mais da fornecedora, quando são locados.

Em muitos casos, as empresas confiam a montagem do sistema, na experiência de pessoas que trabalham em obra, ou em estudos que visam padronizar um espaçamento máximo geral, que possa atender os tipos de obra que são usados pela construtora. Entretanto, a falta de projeto, em qualquer área que seja gera desperdícios ou riscos desnecessários, por isso, esse trabalho virá com o intuito de exemplificar um caso, tornando possível o entendimento do processo, e contribuindo com as necessidades de empresas que fazem a compra e não possuem acesso a manuais internos das fornecedoras, nem uma literatura aceitável para isto.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será desenvolvido em 4 etapas, que ajudaram a explicar melhor a devida importância do desenvolvimento de projeto, e de como deve-se proceder em diferentes casos que possam vir a serem utilizados. A primeira etapa terá um caráter introdutório, visando explicar um pouco sobre o conteúdo, falando sobre os tipos de cimbramento, a escolha e a montagem dos mesmos.

A segunda etapa desse trabalho, apresenta em resumo, todas as considerações para cálculo, e posicionamento dos grupos de material usado para esse tipo de cimbramento.

Na sequência, a terceira etapa será um caso prático, que foi levantado em ambiente profissional na Reserva do Paiva, foi solicitado material para atender as técnicas que já era usada pela empresa a muito tempo, e esse trabalho veio a ser o divisor de águas dessa empresa, para a aceitação desse projeto de escoramento. Será composto de um memorial de cálculo utilizando todas os procedimentos do desenvolvimento de um projeto.

Finalmente, a última etapa irá apresentar as conclusões formuladas a partir do estudo de caso realizado na terceira etapa, e as pranchas finalizadas.

2 PROJETOS DE CIMBRAMENTO

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria da construção civil é vista como a mais antiga de toda a civilização, surgiu junto com a necessidade do ser humano de se desenvolver, e por esse motivo é visto como a mais tradicional. Durante a idade média, o desenvolvimento dos projetos se iniciavam ao mesmo tempo em que a obra era iniciada, e os devidos ajustes eram feitos conforme eram requisitados, e as obras eram feitas se baseando nas tradições antigas, na experiência dos envolvidos e em erros antigos.

Nos dias atuais, com a evolução da engenharia civil, a necessidade de um projeto se torna cada vez mais clara, um prédio que não tenha tido um estudo prévio, ou não tenha sido indicado com uma certa clareza as informações em uma planta, será desenvolvido da mesma maneira como era de costume séculos atrás. Apesar de muito negligenciado, devido a cultura ancestral da construção civil, o projeto traz inúmeras vantagens em qualquer área da indústria.

De acordo com Kisil (2009) elaborar projetos é uma forma de independência. É uma abordagem para explorar a criatividade humana, a mágica das idéias e o potencial das organizações. É dar vazão para a energia de um grupo, compartilhar a busca da evolução. As vantagens de elaborar um projeto são inúmeras, como exemplo temos: a redução do tempo necessário para ser desenvolvido, a economia de material, um menor desperdício, e outros benefícios específicos para cada área.

É um dos grandes desafios da construção, a introdução de novas tecnologias na área, apesar por vezes parecer algo bem simples, engenheiros, mestres e operários estão acomodados com o sistema construtivo que utilizam que não sentem interesse em aperfeiçoar seus métodos.

2.2 ESCOLHA DO CIMBRAMENTO

Cimbramento, de acordo com a NBR 15696 (2009) é definido como estruturas provisórias com capacidade de resistir e transmitir às bases de apoio da estrutura do escoramento todas as ações provenientes das cargas permanentes e variáveis resultantes do lançamento do concreto fresco sobre as fôrmas horizontais e verticais, até que o concreto se tome autoportante). O cimbramento pode ser em uma grande variedade de formas (ex.: torres, escoras, painéis, etc.) utilizando os mais diversos

materiais (ex.: alumínio, aço, madeira). Esse tipo de escoramento industrializado que está sendo estudado é dividido em 3 partes, o suporte, que são as escoras (ou torres, dependendo da altura exigida), a trama (que é composto por vigas primárias, também conhecidos como longarinas; e vigas secundárias, também conhecidas como transversinas) e a madeira compensada.

A ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland) demonstra um comparativo com os sistemas de escoramento mais utilizados, pois é importante lembrar que a demanda de um tipo de material varia de acordo com a necessidade de cada obra e o seu fluxo de caixa, portanto deve ser feito um estudo prévio para certificar de que o uso do material está sendo o mais adequado.

Tabela 1 - Comparativo de Escoramentos

	Escoras Madeira	Escoras Metálicas	Torres Metálicas
Custo Inicial	Baixo	Médio	Médio/Alto
Durabilidade	Baixa	Alta	Alta
Movimentação	Geralmente Manual	Geralmente Manual	Manual ou Mecânico
Produtividade	Baixa	Média/Alta	Média
Segurança*	Baixa	Média	Média/Alta
Flexibilidade	Baixa	Média	Alta
Facilidade de Ajustes	Baixa	Alta	Alta
Estabilidade	Baixa	Baixa	Alta
Pé-direito**	Até 3 metros	Até 4 metros	Qualquer altura

* Fonseca (2007), afirma que a segurança em escoras metálicas é comprometida por serem simplesmente apoiadas, diferentemente da madeira, que se comporta como um conjunto único.

** São dados aproximados, depende de cada caso estudado.

Fonte: <https://www.abcp.org.br>

Além dos fatores citados na Tabela 1, a escolha para o tipo de cimbramento também depende dos fatores abaixo:

- Resistência do solo: Existem casos em que a concretagem da laje necessita ser iniciada antes da concretagem do apoio do escoramento, e este estaria com contato direto com o solo, por isso é necessário fazer um estudo prévio da resistência do mesmo, para definir qual seria a melhor opção com a carga admissível do solo, sem que haja uma perda de qualidade.
- Projeto de Fôrmas: O tipo de fôrma que será utilizado na laje influencia na escolha do melhor sistema para escoramento.

- Projeto Estrutural: É o ponto mais decisivo da escolha, pois nele é definido a carga que será aplicada no escoramento, quais serão as deformações admissíveis da estrutura, e a localização dos pontos de apoio.

- Número de repetições: A ideia é otimizar o uso do sistema de cimbramento para isso, caso o empreendimento escolhido exija um grande número de repetições, vale investir em um compensado com um acabamento diferente que resista mais ao reuso do sistema, e peças que possuam uma maior produtividade.

Além da escolha do material e tipo a serem utilizados, a ABRASFE (Associação Brasileira de Fôrmas, Escoramentos e Acesso), associação criada por 8 grandes empresas do ramo, e responsável pelo desenvolvimento da NBR 15.696, oferece uma gama de empresas (ver Figura 1) que são associadas a fim de garantir equipes altamente qualificadas, de especialistas que estarão sempre prontos a orientar e acompanhar os trabalhos de montagem nos canteiros, treinar e ajudar sua obra a obter o melhor e o correto emprego dos equipamentos locados, além da garantia de um material de qualidade para a sua obra.

Figura 1 – Empresas associadas a ABRASFE (Fonte: www.abrasfe.org.br)



3 CONSIDERAÇÕES PARA DIMENSIONAMENTO

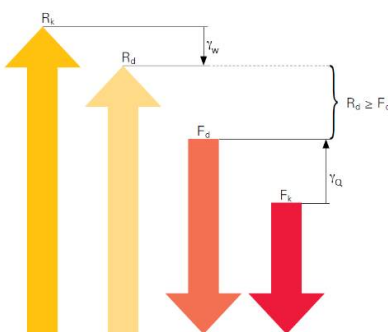
O manual técnico que será desenvolvido consiste em demonstrar o passo a passo de como desenvolver um projeto de cimbramento para um sistema que faz o uso de peças industrializadas. Grande parte das empresas que vendem este tipo de material fornecem apenas as resistências que cada material possui, mas não demonstram como é feito um projeto com um uso ótimo das peças envolvidas.

3.1 CARGAS ATUANTES

O princípio comumente utilizado para projetos baseia-se na norma NBR 15.696 para dimensionamento (ver Figura 2), entretanto, como boa parte dos materiais de escoramento vem de fora, a norma internacional para projetos de escoramento é a DIN 12.812, que já pondera as cargas do material para as situações mais extremas.

Logo, os fornecedores oferecem suas tabelas de resistência, já com todos os coeficientes aplicados, portanto para fins de cálculo, apenas deve ser usado o fator de segurança para as cargas atuantes.

Figura 2 – Esquema de majoração de cargas



R_k : Resistência de valor característico da peça, após os testes realizados em laboratório.

R_d : Resistência de projeto da peça, após aplicação do fator de segurança

γ_w = Coeficiente de ponderação do material

F_k : Carga atuante obtida de acordo com o tipo de laje usada.

F_d : Valor de cálculo da ação após aplicação do fator de segurança.

γ_Q = Fator de segurança, semelhante ao adotado nas combinações normais (1,4).

As cargas atuantes para dimensionamento de cimbramento de lajes devem ser feito com base em cada tipo de laje em estudo, esses valores obtidos representam o valor característico da carga atuante.

3.1.1 Laje Nervurada

A NBR 6118:2007 define lajes nervuradas como “lajes moldadas no local ou com nervuras pré-moldadas, cuja zona de tração é constituída por nervuras entre as quais pode ser colocado material inerte.”. Podendo ser unidirecionais ou bidirecionais. É um sistema que surgiu com a intenção de diminuir a quantidade de concreto utilizado para vencer grandes vãos atendendo as solicitações necessárias.

Figura 3 – Foto de Obra pela PERI em caruaru, utilizando linhas guias para apoio



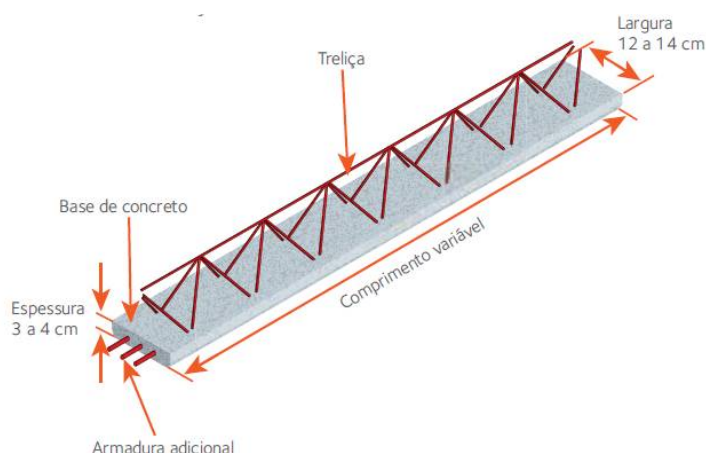
- Composição do escoramento: Suporte, trama completa, e moldes. Onde os moldes podem ser apoiados por compensados, linhas guias (ver Figura 3), ou a própria trama.

- Carga atuante: É possível encontrar em catálogos dos fornecedores dos moldes o volume de concreto usado por metro quadrado de forma, esse valor também é conhecido por altura equivalente por projetistas da área, multiplicando-o pela densidade do concreto armado, obtemos a carga que será aplicada sobre o escoramento. Caso não seja fornecido, deverá ser feito uma aproximação dos volumes de vazios e concreto, para obter um valor mais correto de carga sobre área.

3.1.2 Laje Trelaçada

O manual técnico de lajes trelaçadas da Arcellor Mittal, define lajes trelaçadas como “O conjunto formado pela armação trelaçada, a ferragem adicional e a base de concreto. É o produto final que deverá ser entregue pelo fabricante ao cliente, juntamente com o elemento de enchimento e um projeto de montagem”. Tem como principais vantagens, a não necessidade de folhas de compensado, e uma redução significativa nos escoramentos.

Figura 4 – Características físicas de vigota trelaçada (Fonte: Manual técnico de lajes trelaçadas, Arcellor Mittal)



- Composição do escoramento: Suporte, vigas primárias, treliças e enchimento.
- Carga: É possível já encontrar o valor do peso próprio da laje em catálogos dos fornecedores das treliças, pois esse valor irá variar de acordo com o tipo do enchimento escolhido e das características físicas da vigota trelaçada (ver Figura 4). Caso não seja fornecido, deverá ser achado uma altura equivalente para seguir com o cálculo, através de uma ponderação de pesos, e áreas transversais equivalentes dos materiais usados. Esse tipo de material já define qual será o espaçamento máximo das longarinas, em seu próprio catálogo.

3.1.3 Laje Maciça

As lajes maciças, ou lisas, são as formas mais padrões para projetos de cimbramento, esse mesmo procedimento é utilizados para lajes protendidas (ver Figura 5), capitéis, e para vigas.

Figura 5 – Foto de Obra pela PERI em Paulista, lajes e vigas protendidas

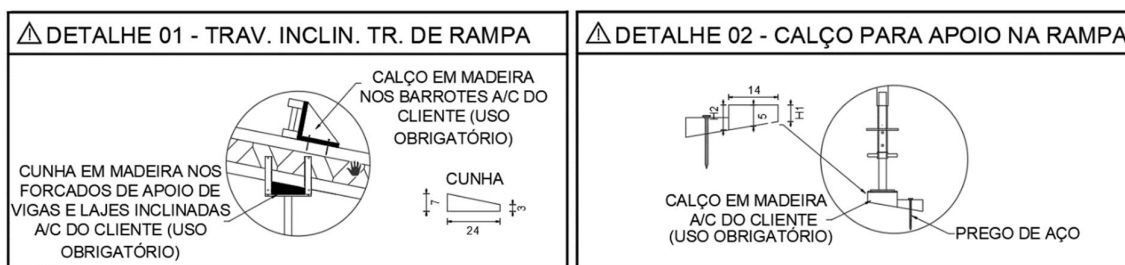


- Composição do escoramento: Suporte, trama completa, e compensado.
- Carga: Apenas a altura da laje multiplicado pela densidade do concreto.

3.1.4 Estruturas Inclinadas

Para esse tipo de estrutura, o esquema de cálculo seguirá padrões um pouco diferentes do comum, além da altura da laje, deve ser considerado a pressão hidrostática do concreto, inclinação, velocidade de concretagem e “slump” do concreto

Figura 6 – Legendas de encunhamento para projetos inclinados da PERI



- Composição do escoramento: Suporte, trama completa com encunhamento (ver Figura 6), e compensado.
- Carga: É possível encontrar as informações no Anexo D da NBR 15.696

Após a definição da carga atuante sobre o escoramento, com as informações do projeto estrutural, haverá a majoração de acordo com a mesma regra da NBR 6118.

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

$$F_s = \sum_{j=1}^n F_{Qj,k} \quad (2)$$

Além do valor da carga atuante adquirida no item 3.1, serão adicionados os valores para carga própria do cimbramento, e a sobrecarga de trabalho, que será definido de acordo com a necessidade em obra.

Para o desenvolvimento dessas considerações, foi utilizado um grande acervo de projetos desenvolvidos, durante o período de pesquisa, reunindo todas as técnicas utilizadas, com o intuito de garantir que o manual seja o mais completo possível.

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Compensado

O cálculo do compensado é o que dá início ao processo do projeto de cimbramento, é ele que irá definir a largura de influência da próxima etapa. Muitas vezes negligenciado, o compensado pode apresentar deformações preocupantes que podem comprometer com a estrutura da laje ou viga, além de ser visualmente desconfortável.

Após o recebimento do projeto estrutural de forma, a primeira etapa a ser tomada, caso já não seja fornecido pelo cliente, é a diagramação dos compensados e após isso utilizar um dos métodos para fazer a análise do compensado, e definição do espaçamento dos apoios.

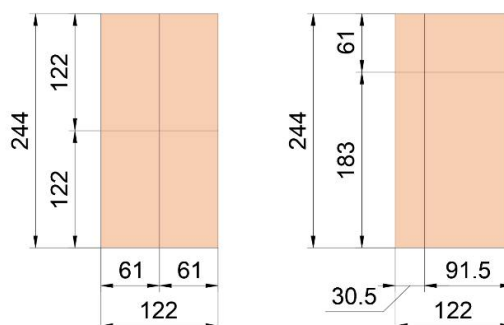
3.2.1.1 Diagramação dos compensados:

Diagramação dos compensados é definido como o conjunto de ações para distribuição das folhas sob a laje, e planejamento de cortes, deve ser feito antes mesmo da compra do material, para assim evitar o desperdício de recursos, e equilibrar a distribuição de esforços, para não haver nenhuma folha sem que ela esteja ao menos bi apoiada ou com apoios excessivos. O painel de compensado deve

sempre seguir o raciocínio de dispor o seu maior lado, paralelamente ao maior lado da laje.

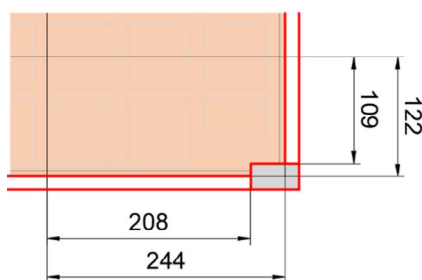
Para que possa ser reutilizada, os cortes devem ser preferencialmente divisores das dimensões padrões da folha de compensado, sendo assim uma parte será usada para aquele trecho em estudo, e a outra como complemento em outra parte, reaproveitando o material de forma simétrica. Caso o compensado seja de 122x244cm como o utilizado neste caso, os comprimentos ideais de corte seriam múltiplos de 122 dividido por 2, 3, 4 ou 5.

Figura 7 – Cortes otimizados dos painéis de compensado



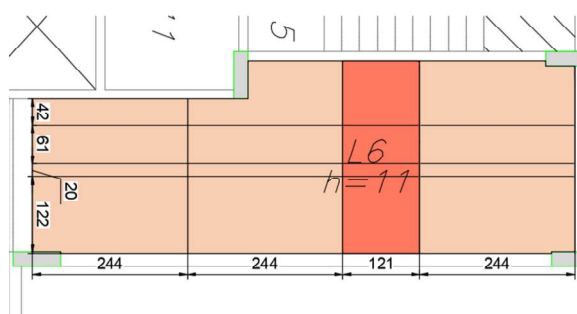
Caso a estrutura não se adeque perfeitamente aos comprimentos de cortes ajustados pelo compensado, será feito cortes de ajustes, que são apenas utilizados para complementar a distribuição, além desses cortes para ajustar em comprimento perfeitamente na laje, são previstos os chanfros com pilares para que preencha todos os cantos da laje a ser apoiada. Estes chanfros devem ser preferencialmente posicionados nos maiores compensados para que as vigas secundárias possam se aproximar ao máximo dessa irregularidade.

Figura 8 - Painéis de compensado chanfrados



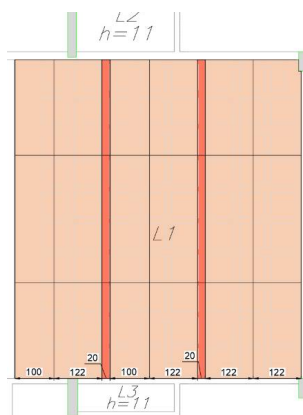
O posicionamento dessas folhas deve ser feito de forma a centralizar os menores cortes mais ao centro, no sentido das vigas principais (maior comprimento da laje), nos casos em que a viga seja concretada junto a laje, pois nestes pontos, haverá a necessidade de uma distribuição de vigas secundárias não-uniforme, sendo assim, um espaçamento menor que o adotado como padrão para o projeto, como as do canto serão apoiadas na forma da viga haverá um menor esforço sob estas folhas de compensado.

Figura 9 – Centralização dos menores cortes



As faixas de escoramento remanescente devem ser definidas pelo calculista da estrutura, assim, o posicionamento e a definição dos cortes devem partir dela, deve-se deixar uma faixa de cerca de 20 cm (afim de que seja uma área superior a área de apoio da escora). Após o tempo de cura do concreto, é removido todo o cimbramento, com exceção das tiras de reescoramento, que servirão de apoio até que a estrutura adquira sua resistência de projeto.

Figura 10 - Faixas de reescoramento



3.2.1.2 Resistência dos compensados:

Existem 2 formas muito comuns em escritórios de projeto para dimensionar o espaçamento necessário entre os apoios do compensado, ambas tem como dados de

entrada, o módulo de Elasticidade da madeira usada (E), a espessura do painel (h), e a tensão admissível à flexão ($\delta_{flexão}$).

Segundo PINI (2008), durante anos a madeira mais utilizada na confecção de formas foi a Pinho brasileiro (ou Pinho do paraná), porém devido ao grande consumo, a disponibilidade diminui rapidamente, e foi necessários novos sistemas de fôrmas. Dentre os mais utilizados estão o Pinus Eliottis e o Eucalipto (ver Tabela 2). É de extrema importância para o cáculo o controle dessas características mecânicas, caso não seja informado, utilizar como padrão o Pinho Brasileiro, ficando assim a favor da segurança.

Tabela 2 – Características mecânicas das madeiras mais comuns

Nome comum	Massa Específica Aparente kg/m ³	Módulo de Elasticidade Long. Mpa (ou N/mm ²)	Tensão admissível a flexão Mpa (ou N/mm ²)	Tensão admissível ao cisalhamento Mpa (ou N/mm ²)
Pinho do Paraná	580	152.250	87	8,8
Pinus eliottis	560	118.890	68	12,9
Eucalipto	918	128.130	157	7,4

Fonte: NBR7190/1997, Tabelas E1 e E3

A primeira forma baseia-se em uma simplificao de cáculo da folha compensado a uma viga comum, utilizando as formulas para cada modelo esttico baseado em sua quantidade de apoios para assim definir o espaçamento máximo de acordo com a flecha, o momento flertor e o esforço cortante do mesmo.

$$L_{(máx-flecha)} = \sqrt[3]{\frac{0,256 \cdot E \cdot I}{q}} \quad (3)$$

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (4)$$

Para o cáculo do espaçamento máximo em relao a flecha, são entrados os valores, na Equao 3, de Módulo de Elasticidade (kgf/cm²), a carga atuante (q) para uma largura de influência de 1 em unidade de largura, e o Momento de Resistência (ver Equao 4), sendo a base (b) do momento igual essa mesma faixa unitária, e a altura (h) como espessura do painel na unidade escolhida.

$$L_{(m\acute{a}x-momento)} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot M}{q}} \quad (5)$$

$$M = \sigma_{adm} \cdot W \quad (6)$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (7)$$

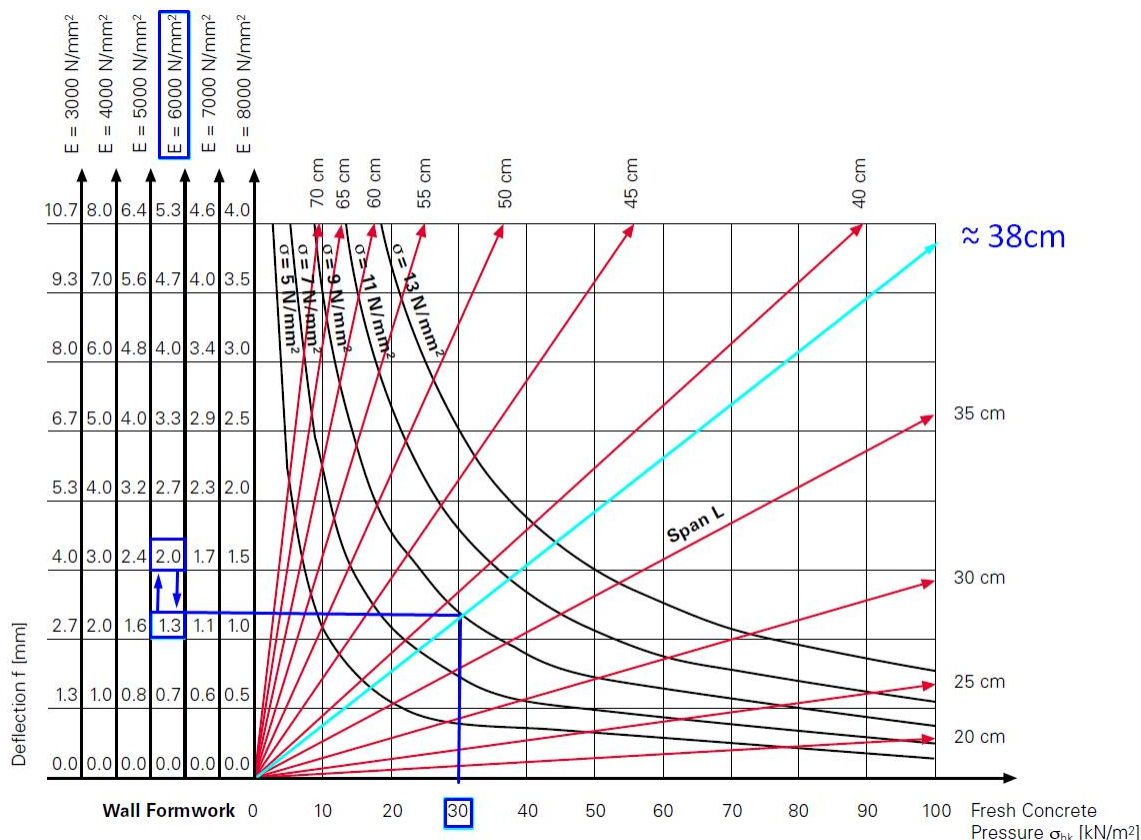
Para o cálculo do espaçamento máximo em relação ao momento, são entrados os valores, na Equação 5, a carga atuante (q) para uma largura de influência de 1 em unidade de largura, e o Momento Admissível (ver Equação 6), que é obtida pelo produto da tensão admissível da madeira pelo Módulo de inércia (ver Equação 7), sendo a base (b) do momento igual essa mesma faixa unitária, e a altura (h) como espessura do painel na unidade escolhida.

$$L_{comp} = \min \left\{ \begin{matrix} L_{(m\acute{a}x-flecha) \\ L_{(m\acute{a}x-momento)} \end{matrix} \right. \quad (8)$$

Portanto, a primeira forma de cálculo se dará pelo menor valor obtido dos espaçamentos obtidos com as fórmulas de flecha máxima e momento máximo, conforme é possível observar na Equação 8.

A segunda forma se trata de uma forma mais prática para a obtenção do espaçamento, porém apenas são válidas em casos em que o compensado seja apoiado em ao menos 3 pontos de apoio, para cada espessura de compensado, haverá um ábaco diferente, esses ábacos são fornecidos pela própria empresa fornecedora dos painéis de compensado.

Os ábacos possuem em seu eixo da ordenada a deflexão que haverá no compensado para o valor da carga aplicada, no eixo das abscissas, em um painel com tensão admissível a flexão indicada por uma das curvas no ábaco, o valor do espaçamento máximo é obtido após a criação de uma reta entre o ponto (0,0), e o ponto definido pela abscissa da carga atuante, e em y, onde esse ponto se encontra com a curva de tensão admissível, após a criação da reta, através de uma interpolação visual, se adquire o valor correto, tanto do espaçamento quanto da flecha.

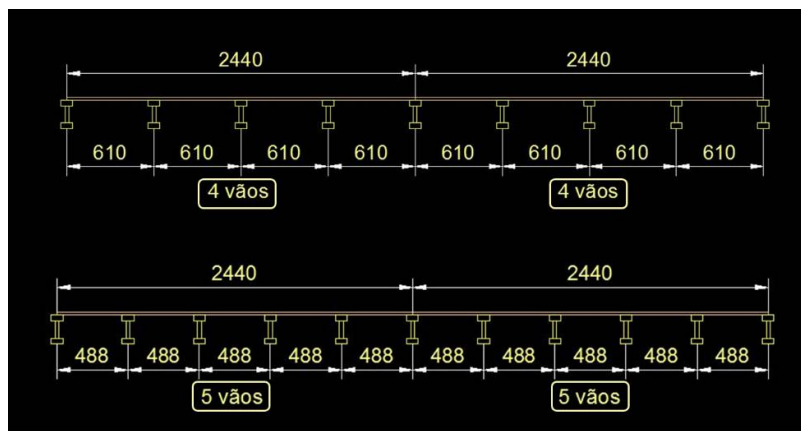
Figura 11 – Exemplo de ábaco para cálculo de espaçamento máximo

Exemplo, no caso da Figura 11, foi utilizado um compensado com tensão admissível a flexão de 9 N/mm² (curva central), onde foi aplicada uma carga de 30 kN/m² (eixo das abscissas), após a criação da reta em azul mais claro, é possível observar que o espaçamento máximo é por volta de 38 cm, interpolando as 2 retas vermelhas de 35 e 40 centímetros entre ela. A informação no eixo das ordenadas também pode ser obtida através de uma interpolação visual, dos valores 2mm e 1,3mm.

A precisão desses valores não é necessária, pois na hora da montagem não há esse controle rigoroso para que seja exatamente o valor, além do que, isso será reduzido para o espaçamento adotado, que consiste em utilizar espaçamentos padrões de acordo com comprimento do compensado, afim de manter os painéis apoiados em suas extremidades, para que não fiquem pedaços em balanço, o que acarretaria em um modelo estático diferente dos cálculos usados, e também serem

divididos em vãos idênticos, e divisores do maior comprimento do compensado, para facilitar na montagem das transversinas

Figura 12 – Apoio dos compensados 122x244 em 2 casos de apoio

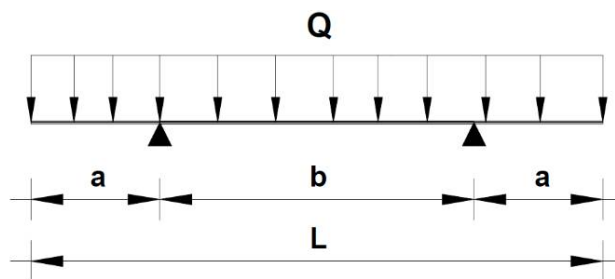


Conforme é possível observar na figura 12, caso o valor seja algo entre 49 e 61 centímetros, o valor será arredondado para 49, e o compensado será definido como modelo estático de 5 vãos, esse valor será adotado para todas as regiões do escoramento em que será utilizado esse tipo de painel, e for aplicado essa carga.

3.2.2 Trama

A trama é a parte do cimbramento responsável por apoiar a forma da laje e transmitir as cargas para o suporte, em maior parte dos casos o espaçamento delas é definido pela flecha, ou pelo momento fletor, porém o esforço cortante não deve ser desprezado. Em casos de trama de madeira, ou metálicas, deve-se seguir a norma correspondente para obtenção do valor admissível de cada material. Porém, em vigotas industrializadas, o fornecedor desse material é responsável por indicar quais as cargas que esse material irá aguentar. Por questões de segurança tanto as vigas secundárias quanto primárias são calculadas como vigas com 2 ou 3 apoios e balanços nas extremidades (ver Figura 13).

Figura 13 - Relação de apoios otimizada (Fonte: Maranhão, 2000)



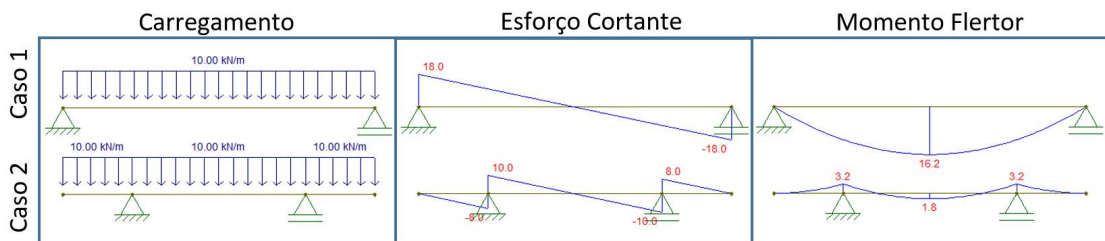
Segundo Maranhão (2000), a relação mais otimizada entre o comprimento em balanço e o vão entre os apoios b , é obtido fazendo a flecha na extremidade do balanço igual a no meio do vão, ficando:

$$b = \frac{L}{1,806} \quad (9)$$

$$a = \frac{L - b}{2} \quad (10)$$

Em um simples estudo de caso, para um vão de 3,6m, utilizando a estratégia de Maranhão para disposição das transversinas, com um carregamento de 10kN/m sobre ela, o esforço cortante foi reduzido a 55% e o momento fletor a 11% do seu valor, quando comparado a esse mesmo espaçamento sendo bi apoiada. (Ver Figura 14).

Figura 14 - Estudo de caso para vão de 3,6 metros em Ftool



Porém, na prática, esse valor de 1,8, por vezes se torna não exequível, pelo simples fato de não termos o controle de por onde começará a concretagem, e por onde o trabalhador poderá passar, pois caso a concretagem se inicie pelos cantos em balanço, o peso próprio poderá não ser suficiente para suportar essa carga. Portanto, é adotada por questões de segurança um valor prático máximo de 30 centímetros para o balanço das transversinas e longarinas. Logo, para dimensionamento da trama bi apoiada com 2 balanços, utiliza-se as seguintes fórmulas nesse caso:

$$M_{max} = q_d \cdot \left(\frac{b^2}{8} - \frac{a^2}{2} \right) \quad (11)$$

$$V_{max} = \frac{q_d \cdot b}{2} \quad (12)$$

$$f_1 = q_s \cdot a \cdot \frac{a^2 \cdot ((6b + 3a) - b^3)}{24 \cdot E \cdot I} \quad (13)$$

$$f_2 = \frac{q_s \cdot b^2}{384 \cdot E \cdot I} \cdot (5 \cdot b^2 - 24 \cdot a^2) \quad (14)$$

$$f_{max} = \max(f_1; f_2) \quad (15)$$

Para a obtenção da flecha máxima, deve-se unir as 2 Equações (9) e (10), obtém-se um valor para “a” em função de “b” (ver Equação 18), entretanto esse valor deve respeitar o valor prático máximo.

$$f_{max} = 1 + a/500 \text{ (em milímetros, caso } f_1 \text{ seja máximo)} \quad (16)$$

$$f_{max} = 1 + b/500 \text{ (em milímetros, caso } f_2 \text{ seja máximo)} \quad (17)$$

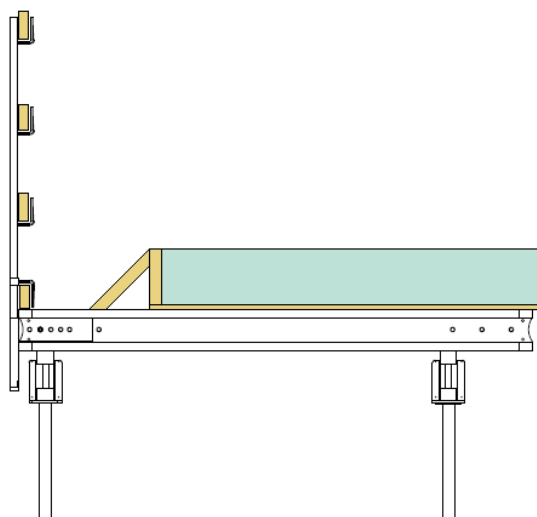
$$a = 0,403 \cdot b \quad (18)$$

O próximo passo será obter a largura de influência, que será explicado nas subdivisões seguintes, onde será utilizado para transformar as cargas das Equações 1 e 2 para cargas lineares (q_s ou q_d), gerando os valores que serão aplicados nas Equações 11 a 15. Para os valores de momento, e esforço cortante máximo os valores obtidos pela fornecedora dos equipamentos), já para flecha o valor limitante na NBR 15.696 (ver Equação 16 e 17).

É importante tomar nota, que esse caso de tipo de modelo estático para o escoramento só é válido para lajes com todo seu perímetro amarrado por vigas, caso ela esteja com alguma parte em balanço, é necessário passar o escoramento para o lado de fora da laje e realizar o apoio em sua extremidade (ver Figura 15), para além

de fornecer uma plataforma de trabalho segura, sem que haja perigos de pisar na parte do balanço, ter espaço para a montagem da forma lateral.

Figura 15 - Casos de lajes em balanço



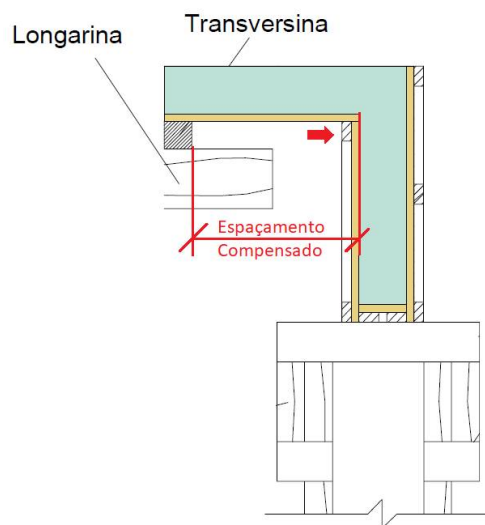
3.2.2.1 Vigas secundárias (transversinas ou barrotes)

A largura de influência das vigas secundárias é definida pelo espaçamento adotado no cálculo de resistência do compensado (ver etapa 3.2.1.2), a partir dele será obtido o valor de q_s e q_d , que serão aplicados nas Equações 11 a 15, onde será obtido os valores máximos. Entretanto, esses valores servem apenas como limitante, pois seu escoramento será moldado conforme estrutura do cliente, para melhor aproveitamento do espaço.

Para início do posicionamento das transversinas, deve-se saber se a viga será concretada junto com a laje ou não, caso não sejam, não haverá as formas das vigas para servirem de apoio ao compensado, portanto deve-se colocar as transversinas coladas com a parede da viga, por questões de segurança. No caso de serem concretadas em conjunto, deve-se seguir os seguintes padrões para melhor uso do espaço.

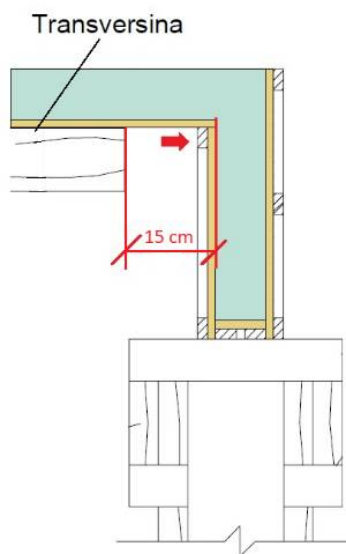
Na primeira transversina posicionada, haverá um distanciamento igual ao adotado pelo compensado da viga para a transversina, pois essa parte será escorada pela forma da viga, conforme demonstrado na Figura 16.

Figura 16 - Distanciamento no sentido transversal das transversinas



No outro sentido do cimbramento, deverá ser adotado um distanciamento de 15 cm, pois a resistência do compensado tende a ser mais frágil quando o compensado trabalha no sentido normal às fibras, conforme mostrado na Figura 17.

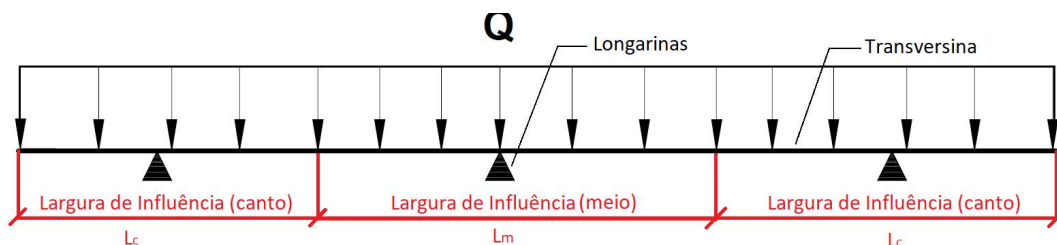
Figura 17 – Distanciamento no sentido longitudinal das transversinas



3.2.2.2 Vigas primárias (longarinas ou principais)

A largura de influência das vigas primárias é definida no passo anterior, com os valores de “a” e “b” de espaçamento dos apoios das transversinas, ver Equações 19 e 20.

Figura 18 - Definição da Largura de influência das longarinas



$$L_c = a + b/2 \quad (19)$$

$$L_m = b \quad (20)$$

A partir dessa largura, o espaçamento admissível para os apoios da longarina, junto com o balanço máximo serão definidos nessa etapa, utilizando o mesmo procedimento de cálculo para as transversinas das fórmulas 11 a 18. As longarinas são as vigas mais solicitada da trama, devido a maior largura de influência, por esse motivo elas requerem uma geometria que dê mais resistência a mesma, enquanto que as secundárias não exigem tanto.

Para início do posicionamento das longarinas, deve-se ter como base a posição das transversinas, garantindo que fiquem sempre com a distância indicada anteriormente. No seu sentido longitudinal, deve-se respeitar o espaço necessário de 15 centímetros para forma da viga (conforme Figura 17) somado do espaçamento “a” para longarinas definido nessa etapa.

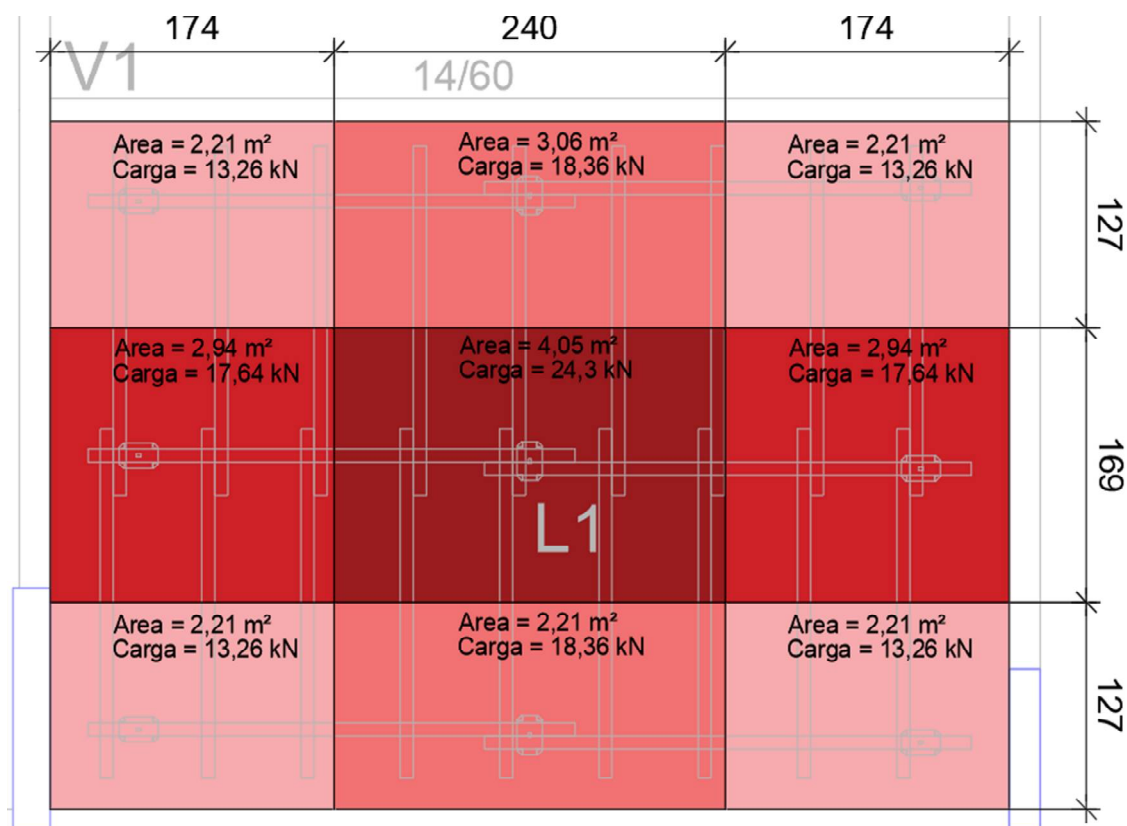
3.2.3 Suporte

O suporte é o responsável por transmitir a carga de concretagem para o solo, ou para o pavimento anterior, como mostrado na tabela 1, o tipo de suporte dependerá de diversas variáveis, porém na escolha do escoramento das vigas de bordo em um edifício de múltiplos andares, é recomendável o uso de torres de carga, por permitir um guarda-corpo para fora do prédio com uma estabilidade que te dê mais segurança.

O critério que é adotado para dimensionamento de ambos os suportes, é o carregamento axial que foi transmitido pela trama, e a altura do piso até a trama, o posicionamento do escoramento é definido pela longarina, essa etapa serve apenas para checar se o escoramento irá resistir ao esforço solicitante, caso contrário, o espaçamento obtido na etapa anterior deverá ser reduzido afim de atender os requisitos do escoramento.

Para a obtenção do carregamento axial, a estratégia usada é utilizar a Equação 1 (carga de área), e calcular área de influência onde foi posicionado. No sentido que houver outra escora, o comprimento será a metade da distância entre elas, e no sentido que houver uma viga, a distância entre a escora a parede da viga. Exemplo, caso seja aplicada uma carga de 6 kN/m² sobre o escoramento, e o carga máxima para as escoras seja de 25 kN, com uma altura de 3 metros, o escoramento definido na Figura 19 está dentro dos padrões de cálculo.

Figura 19 - Exemplo de cálculo de cargas axiais sobre escoras



3.2.3.1 Escoras Pontuais

São estruturas tubulares metálicas, com regulagem de altura, e de alta resistência de cargas axiais, são mais utilizadas para escoramento de lajes, elas têm as vantagens de serem mais simples de montar, e tem a grande vantagem de agilizar o processo da modelagem com as dimensões de projeto, ou seja, não ficam presas as dimensões padrões das torres de carga. Sua resistência é inversamente proporcional a sua abertura, e deve ser definida pelo fornecedor, respeitando os fatores de segurança da NBR 15.696.

Figura 20 – Escoras da PERI PEP Ergo com capacidade de carga até 50kN



(Fonte: www.peri.com.br/produtos)

3.2.3.2 Torres de carga

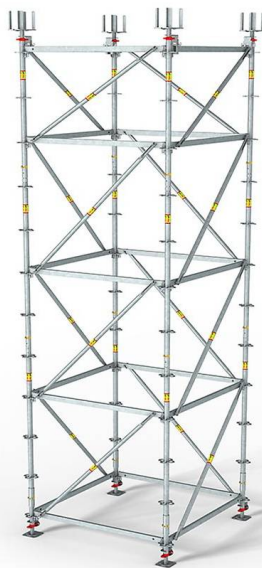
As torres de cargas são suportes de maior estabilidade, e que conseguem ter um melhor desempenho com cargas horizontais (como vento, balanço na área de trabalho, e pressão de concretagem). São mais utilizadas em vigas, principalmente as que ficam no perímetro da edificação, pois elas oferecem uma maior estabilidade, e a possibilidade de ser adicionado peças em balanço. Elas são compostas por 3 peças principais, que são, postes, longarinas e diagonais. Além dos acessórios como bases, e forçados ajustáveis. A resistência admissível dessa estrutura também dependerá da altura, e deverá ser definida pelo fornecedor.

Para escoramento de lajes, esse tipo de suporte é utilizado onde altura de projeto sejam superiores a 4 metros, pois a esbeltez das escoras a torna tecnicamente

(Fonte: www.peri.com.br/produtos)

inviável, e o trabalho de difícil estabilidade e acesso. Além disso, para cada 50 metros quadrados de laje, recomenda-se o uso de pelo menos uma torre centralizada, para transferir o acúmulo de esforços horizontais gerados pela movimentação de trabalhadores em cima da laje.

Figura 21 - Sistema PERI UP Rosset Flex de escoramento



4 ESTUDO DE CASO

Muitas empresas não fazem o desenvolvimento do projeto de cimbramento, e seguem muito a intuição de um mestre de obra para realizar o posicionamento das peças, e mesmo quando são desenvolvidos os projetos pela empresa que fornece o material, por questões de costume, montam conforme foi padronizado na empresa, por um estudo muitas vezes antigo, esse é o caso que será estudado nessa etapa.

Esse tipo de prática pode criar a ilusão de parecer mais rápida, por não estar precisando sempre olhar no projeto a distância de cada elemento, e todos os montadores estarem treinados com aquele espaçamento, o que não é levado em consideração é de que, os produtos estão sempre sendo atualizados, e tendo sua resistência maior do que as versões anteriores.

Portanto, padronizar um espaçamento para todos os tipos de projetos em sua empresa lhe trará um dos dois problemas, ou você terá um projeto superdimensionado, dificultando o acesso de materiais e trabalhadores, com muitos materiais para serem montados você terá um maior tempo de montagem, e um gasto maior com o escoramento. Ou você terá um projeto que colocará em risco os que trabalham, podendo vir a causar algum acidente em obra.

O empreendimento fica na Avenida A S/N Quadra G04, Lote 1 na Reserva do Paiva, são 3 torres onde apenas o primeiro pavimento se difere entre elas, conta com 8 pavimentos cada uma delas e são simétricas em relação ao seu eixo longitudinal.

Figura 22 - Perspectiva ilustrada do empreendimento



(Fonte: <https://www.orealizacoes.com.br/residenciais/acqua-marine/>)

A empresa foi responsável pela construção de outros empreendimentos, que estruturalmente falando eram muito parecidos, lajes com mesmo espessura, vigas com alturas muito parecidas (Novo Mundo Empresarial, Verano, Paradiso e Varanda

do Parque), todos na reserva do Paiva e com fornecimento sempre da MILLS, portanto depois de um estudo feito pela empresa, foi estipulado um espaçamento máximo para os apoios de longarinas de 2,0m e para as transversinas de 1,50m, e espaçamento de 30 cm no compensado. Com essa base de informações foi desenvolvido todos os projetos de escoramentos para os empreendimentos anteriores a esse.

Se tornou válido para o uso, pelo fato dos empreendimentos terem sido feito com o mesmo fornecedor, e possuírem uma estrutura parecida. Entretanto, para iniciar o Acqua Marine, a Mills não pode fornecer o material, e a PERI foi convidada a entrar para o fornecimento. A resistência e a qualidade dos materiais da PERI são superiores aos da Mills, porém como já vinham a 4 empreendimentos, estavam acostumados a utilizar o mesmo espaçamento e foi solicitado o material para isso.

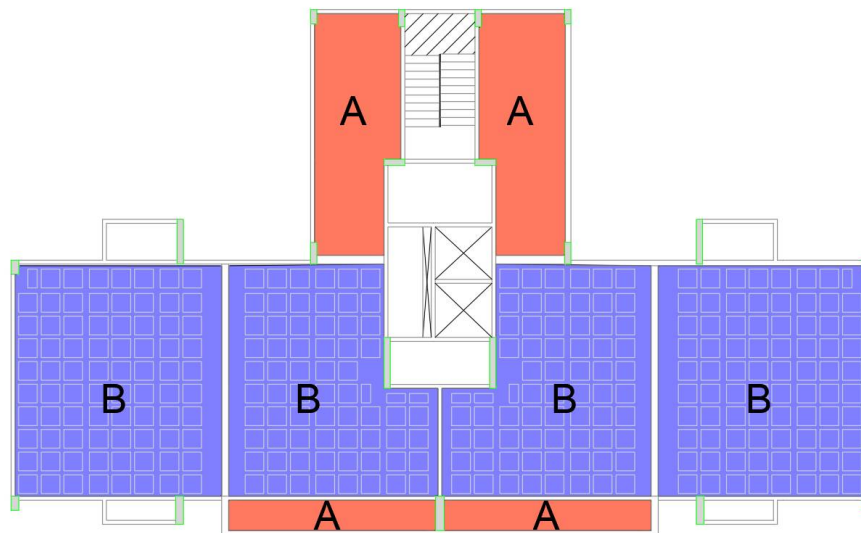
Portanto, foi desenvolvido um projeto com base nas informações enviadas pelo cliente para serem enviadas a obra esse material, é possível ver no Anexo 01 a planta utilizando os materiais da PERI, de como seria montado seguindo a linha padronizada da empresa. Porém, em paralelo, foi desenvolvido um estudo para adequar as resistências do material da nova empresa contratada, afim de demonstrar os ganhos no desenvolvimento de projetos seguindo os passos desenvolvidos no capítulo 3 desse trabalho.

4.1 CARGAS ATUANTES

O procedimento de cálculo se inicia fazendo o cálculo da carga atuante, haverá 2 tipos de laje para conforme mostrado na Figura 23. O primeiro tipo de laje, indicada pela letra A, é uma laje maciça com 11 centímetros de espessura, e a segunda é uma laje nervurada, onde os moldes utilizados para o empreendimento foram da ATEX 660, com 18 centímetros de altura do molde e com uma espessura de 5 centímetros

a lâmina de concreto. Os outros tipos de lajes não foram considerados, pois foram apoiados no escoramento de vigas, e esse estudo se concentra apenas em lajes.

Figura 23 - Tipos de lajes no empreendimento



Para cálculo das combinações de carga foram utilizados as Equações 1 e 2, desse manual, respeitando a majoração de cargas conforme indicado nas normas, e um valor de sobrecarga de 2 kN/m² para as combinações últimas e 1 kN/m² para as combinações de serviço e uma aproximação de 0,5 kN/m² para o peso próprio da estrutura de escoramento em ambas as combinações.

- Laje Maciça - A (h = 11cm):

Para obtenção do peso próprio da laje, foi utilizado a densidade do concreto igual a 25 kN/m³ multiplicado pela espessura da laje de 11 cm.

Estado-limite último:

$$F_d = 1,4 \cdot \sum_{j=1}^n F_{Qj,k}$$

$$F_d = 1,4 \cdot \left(25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 0,11\text{m} + 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$$

$$F_d = 7,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Estado-limite de utilização:

$$F_s = \sum_{j=1}^n F_{Qj,k}$$

$$F_s = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 0,11\text{m} + 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$F_s = 4,25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

- Laje Nervurada - B (ATEX 660):

Para a obtenção da carga atuante no caso de lajes nervuradas, conforme indicado no item 3.1, é possível localizar em tabelas do fornecedor dos moldes, conforme figura 24, utilizando como dados de entrada altura do molde de 18 cm, e espessura da lâmina de 5 cm, obtém-se o valor do peso próprio de 2,90 kN/m².

Figura 24 – Tabela com informações geométricas dos moldes ATEX 660

ATEX 660

Altura do Molde	Espessura da Lâmina	Altura Total	Largura da Nervura			Área da Seção	Distância do C. G à		Inércia		Volume do Vazio		Peso Próprio	Volume de Concreto
			Inferior	Superior	Média		Face Superior	Face Inferior	Inércia p/ nerv.	Altura equivalente				
cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm²	cm	cm	cm⁴	cm	m³	m³ / m²	kN/m²	m³ / m²
16,0	5,0	21,0	12,0	15,0	13,5	546	6,5	14,5	18869	15,1	0,044	0,101	2,73	0,109
	7,5	23,5				711	7,2	16,3	26637	16,9			3,35	0,134
	10,0	26,0				876	8,1	17,9	36353	18,8			3,98	0,159
18,0	5,0	23,0	12,0	15,0	13,5	373	7,3	15,7	24078	16,2	0,050	0,114	2,90	0,116
	7,5	25,5				738	7,8	17,7	33992	18,4			3,53	0,141
	10,0	28,0				903	8,7	19,3	45220	20,2			4,15	0,166
21,0	5,0	26,0	12,0	17,2	14,6	637	8,5	17,5	36182	18,7	0,056	0,127	3,33	0,133
	7,5	28,5				802	9,0	19,5	48625	20,7			3,95	0,158
	10,0	31,0				967	9,7	21,3	62981	22,5			4,58	0,183
26,0	5,0	31,0	12,0	19,7	15,9	743	10,5	20,5	61721	22,4	0,065	0,150	4,00	0,160
	7,5	33,5				908	10,9	22,6	80525	24,5			4,63	0,185
	10,0	36,0				1073	11,5	24,5	101169	26,4			5,25	0,210
30,0	5,0	35,0	12,0	22,2	17,1	843	12,2	22,8	89505	25,3	0,072	0,165	4,63	0,185
	7,5	37,5				1008	12,5	25,0	114715	27,5			5,25	0,210

(Fonte: www.atex.com.br/pt/formas/laje-nervurada/bidirecional)

Estado-limite último:

$$F_d = 1,4 \cdot \sum_{j=1}^n F_{Qj,k}$$

$$F_d = 1,4 \cdot \left(2,9 \frac{kN}{m^2} + 2 \frac{kN}{m^2} + 0,5 \frac{kN}{m^2} \right)$$

$$F_d = 7,56 \frac{kN}{m^2}$$

Estado-limite de utilização:

$$F_s = \sum_{j=1}^n F_{Qj,k}$$

$$F_s = 2,9 \frac{kN}{m^2} + 1 \frac{kN}{m^2} + 0,5 \frac{kN}{m^2}$$

$$F_s = 4,4 \frac{kN}{m^2}$$

Para simplificação de cálculo será utilizado como estados-limites últimos as maiores cargas obtidas, deixando todas as lajes sobre as mesmas condições de espaçamento

4.2 MEMORIAL DE CÁLCULO

4.2.1 Compensado

O cliente em questão utiliza painéis de compensado para apoiar os moldes plásticos das lajes nervuradas, então o procedimento de cálculo será igual para ambas as lajes, os dados de entrada do compensado foram os seguintes

- Módulo de Elasticidade (E) = $9 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2$
- Tensão Admissível à flexão (σ_{adm}) = $6,6 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2$
- Espessura = 0,15 m
- Dimensões: 122x244 cm

Será feito o dimensionamento do espaçamento máximo dos apoios do compensado utilizando as Equações (3) a (8).

$$I = b \cdot h^3 / 12$$

$$I = 1\text{m} \cdot (0,015\text{m})^3 / 12$$

$$I = 2,812 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$W = b \cdot h^2 / 6$$

$$W = 1\text{m} \cdot (0,015\text{m})^2 / 6$$

$$W = 3,750 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M = \sigma_{adm} \cdot W$$

$$M = 6,6 \cdot 10^3 \text{ kN/m}^2 \cdot 3,750 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$M = 0,247 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$L_{comp} = \min \begin{cases} L_{(m\acute{a}x-flecha)} = \sqrt[3]{0,256 \cdot E \cdot I / q_s} \\ L_{(m\acute{a}x-momento)} = \sqrt[2]{8 \cdot M / q_d} \end{cases}$$

$$L_{comp} = \min \begin{cases} L_{(m\acute{a}x-flecha)} = \sqrt[3]{0,256 \cdot 9 \cdot 10^6 \text{ kN/m}^2 \cdot 2,812 \cdot 10^{-7} \text{ m}^4 / (4,4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1\text{m})} \\ L_{(m\acute{a}x-momento)} = \sqrt[2]{8 \cdot 0,247 \text{ kN} \cdot \text{m} / (7,6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1\text{m})} \end{cases}$$

$$L_{comp} = \min \begin{cases} L_{(m\acute{a}x-flecha)} = 0,53 \text{ m} \\ L_{(m\acute{a}x-momento)} = 0,51 \text{ m} \end{cases}$$

$$L_{comp} = 51 \text{ cm}$$

Como o divisor mais próximo para um compensado de 244cm é de 48,8 cm, para um modelo estático de 5 vãos, este será o valor adotado para o posicionamento das transversinas, em casos especiais poderá ser outros valores.

A diagramação dos compensados foi desenvolvida seguindo os passos da etapa 3.2.1.1, gerando um resultado que pode ser analisado no Anexo 02, fazendo o melhor uso dos cortes de compensado para desperdiçar o mínimo possível, e equilibrar as cargas para que os menores cortes ficassem no centro da estrutura.

4.2.2 Trama

Para o dimensionamento dessa trama foi utilizado 2 tipos de vigas, fornecidas pela PERI, onde as transversinas vêm com uma resistência inferior as longarinas, afim de otimizar o sistema de cimbramento ao máximo, os dados das vigas foram os seguintes:

Viga VT-20 (Transversinas):

- Esforço Cortante Máximo $V_{m\acute{a}x} = 11 \text{ kN}$
- Momento Flertor Máximo $M_{m\acute{a}x} = 5 \text{ kN}$
- Rigidez à Flexão $E.I = 460 \text{ kNm}^2$

Viga GT-24 (Longarinas):

- Esforço Cortante Máximo $V_{m\acute{a}x} = 14 \text{ kN}$
- Momento Flertor Máximo $M_{m\acute{a}x} = 7 \text{ kN}$
- Rigidez à Flexão $E.I = 887 \text{ kNm}^2$

4.2.2.1 Vigas Secundárias (Transversinas ou Barrotes)

Para inicio, será adotado “a” igual 30 centímetros, e será utilizado as Equações (11) a (18) para encontrar um valor para “b” pelo esforço cortante e momento flertor da Viga VT-20, sendo carregada pelo produto carga de laje com largura de influência igual ao espaçamento adotado pelo compensado .

$$M_{max} = q_d \cdot (b_{max,m}^2/8 - a^2/2)$$

$$5kN = 7,56kN/m^2 \cdot 0,488m \cdot (b_{max,m}^2/8 - (0,3m)^2/2)$$

$$b_{max,m} = 3,35 \text{ m}$$

$$V_{max} = q_d \cdot b_{max}/2$$

$$11kN = 7,56kN/m^2 \cdot 0,488m \cdot b_{max,V}/2$$

$$b_{max,V} = 5,96m$$

Portanto será testado o menor valor obtido para saber se está dentro dos padrões de utilização

$$f_{max} = 1 + (3350/500) = 6,7 \text{ mm}$$

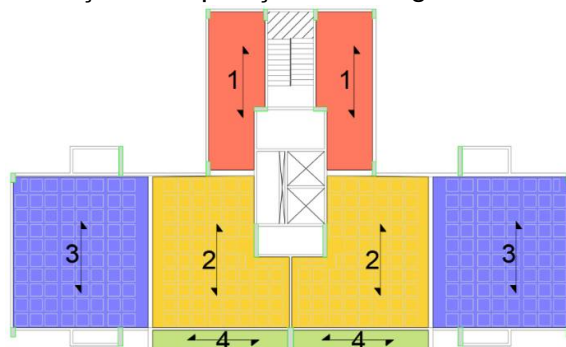
$$f_{max} = \frac{q_s \cdot b^2}{384 \cdot E \cdot I} \cdot (5 \cdot (b_{max,f})^2 - 24 \cdot a^2)$$

$$6,7 \cdot 10^{-3} \text{ m} = \frac{\frac{4,4 \text{ kN}}{\text{m}^2} \cdot 0,488 \text{ m} \cdot (b_{max,f})^2}{384 \cdot 460 \text{ kN} \cdot \text{m}^2} \cdot (5 \cdot (b_{max,f})^2 - 24 \cdot (0,3 \text{ m})^2)$$

$$b_{max,f} = 3,25 \text{ m}$$

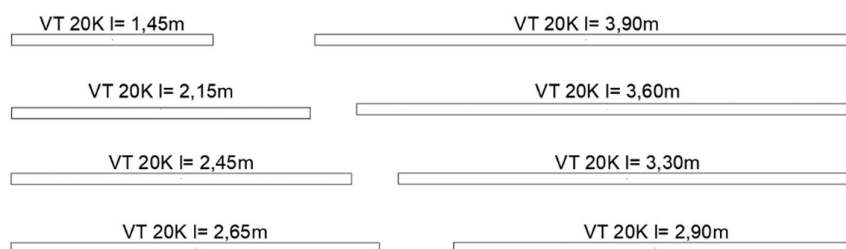
Logo, o valor de espaçamento máximo para transversina será de 3,25 metros, e o adotado para projeto, será analisado laje por laje nos próximos passos. As disposições das transversinas são transversais as longarina que são dispostas no sentido do maior vão, conforme mostra Figura 25, foi também numerada as lajes para serem desenvolvidas as análises.

Figura 25 - Numeração e disposição das longarinas de lajes em estudo



No uso de vigas industrializadas, existem 2 limitantes que impedem de utilizar 100% a largura indicada pelo cálculo de espaçamento das transversinas, primeiramente ela é limitada pela largura da laje a ser escorada, e segundo pelos comprimentos das transversinas que são pré-definidos (ver Figura 26).

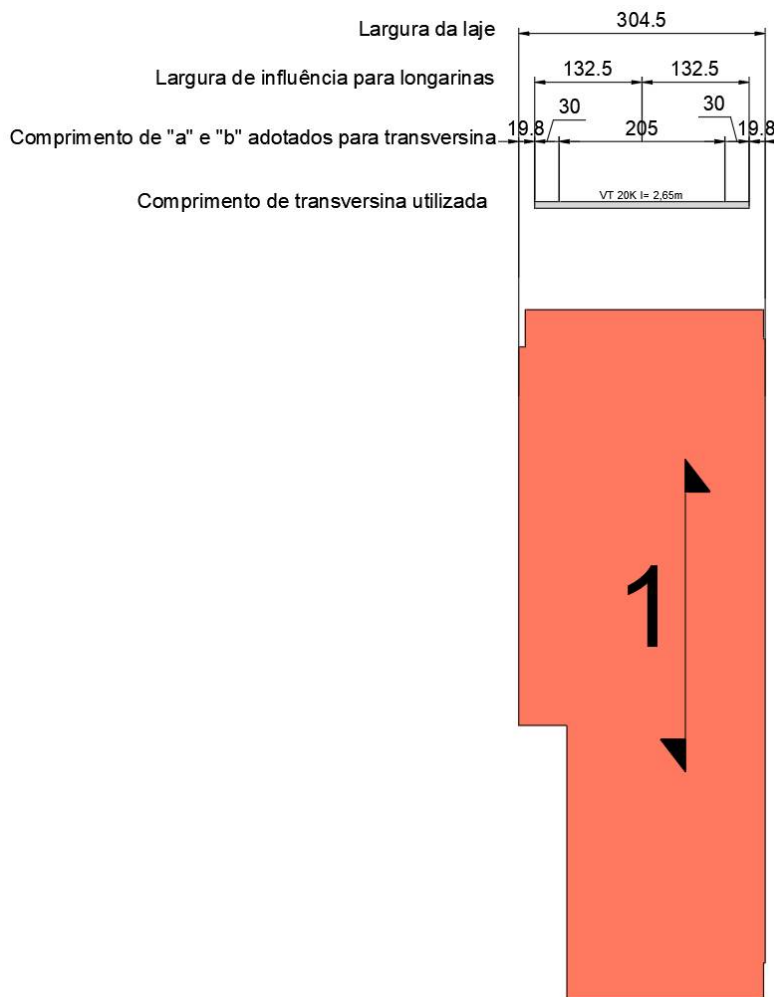
Figura 26 - Comprimentos disponíveis para transversinas da PERI



Análise Laje 1:

Na primeira laje, o espaçamento já é definido pela própria largura da laje, por ser mais fina, é aplicado os espaçamentos mais próximos possíveis de 15 centímetros de distância da parede da viga, e utilizado o comprimento da transversina que tem disponibilidade de vencer esse vão (ver Figura 27).

Figura 27 - Análise para modelagem do transversinas da Laje 1



Após realizada a análise, a transversina de 2,65m será replicada a cada 48,8 cm definido pelo compensado, e quando houver a redução de largura passará a ser de 2,10m, e assim será definido a planta de barroteamento, ou escoramento secundário. Dessa análise temos como largura de influência para dimensionamento das longarinas, o valor de:

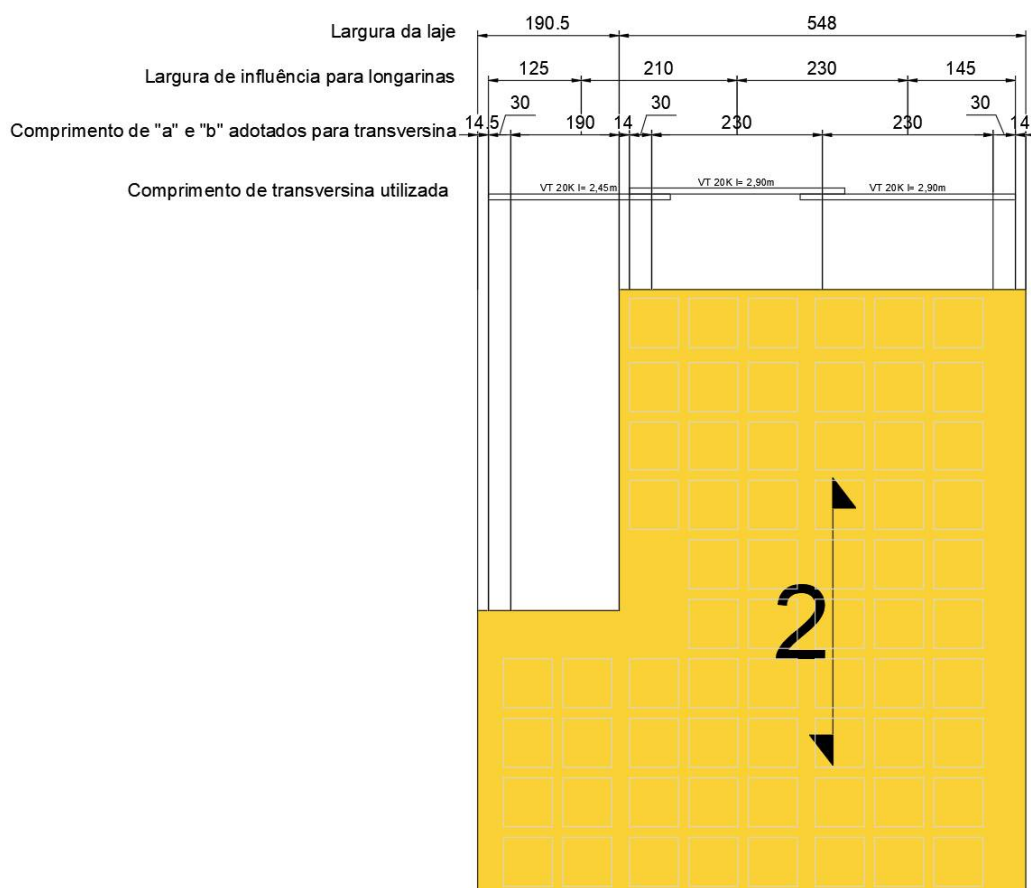
$$L_{m,1} = 1,33m$$

Análise Laje 2:

Na segunda laje, o procedimento já se torna um pouco diferente, primeiro é computado o valor da laje de 5,48m do lado direito, retirado os valores de 15 centímetros da parede da viga, e valor de “a = 30cm” de cada lado, resta aproximadamente 4,60m, o que é bem superior ao comprimento máximo permitido ($b_{\max} = 3,25$), portanto esse vão deve ser quebrado, inserindo um novo apoio no centro, o que gera 2 vãos de 2,30.

Para o lado esquerdo, da laje, seguiu o mesmo padrão da laje 1, foi a largura da laje que definiu qual será o espaçamento da viga.

Figura 28 - Análise para modelagem do transversinas da Laje 3



Dessa análise temos como largura de influência para dimensionamento das longarinas, o valor de:

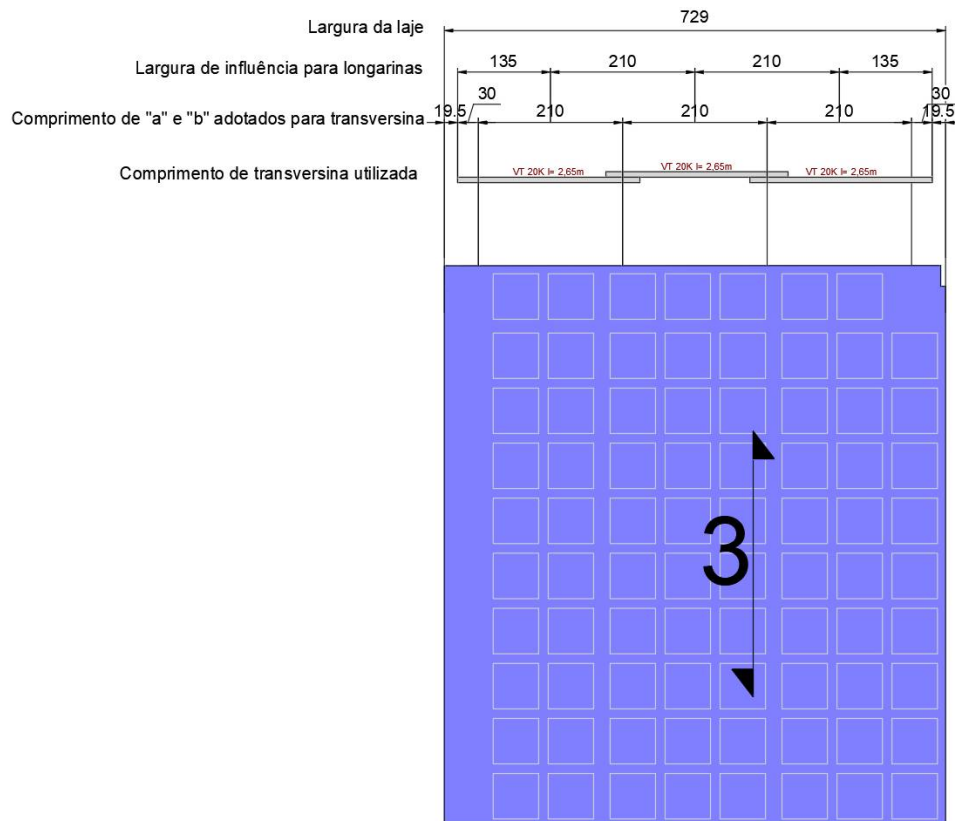
$$L_{m,2} = 2,30m$$

$$L_{c,2} = 1,45m$$

Análise Laje 3:

Na terceira laje, após a remoção dos distanciamentos de 15 + 30 cm, obteve-se uma largura de 6,30, que caso fosse dividido em 2 vãos estaria dentro do permitido,

Figura 29 - Análise para modelagem das transversinas da Laje 3



porém foi utilizado, para uma padronização de projeto o valor dividido em 3 vãos.

Dessa análise temos como largura de influência para dimensionamento das longarinas, o valor de:

$$L_{m,3} = 2,10m$$

$$L_{c,3} = 1,35m$$

Análise Laje 4:

A largura da laje 4 é de apenas 1,08 m, portanto não haverá necessidade de transversinas, entretanto, o compensado não resistirá a esse espaçamento, então a longarina estará em contato direto com o compensado, usando o comprimento da laje menos os 15 centímetros de cada lado, resultando numa largura de influência de:

$$L_{m,4} = 0,78m$$

4.2.2.2 Vigas Primárias (Longarinas ou principais)

Com o intuito de simplificar os escoramentos, foram utilizadas larguras de influências padrões para cada faixa de escoramento, reduzindo de 6 espaçamentos diferentes para 2 espaçamentos, com o intuito de que os espaçamentos fiquem iguais, e se tornem mais práticos conforme sejam repetidos.

$$L_1 = \max(L_{m,2}; L_{m,3})$$

$$L_1 = \max(2,30m; 2,10m)$$

$$L_1 = 2,30m$$

$$L_2 = \max(L_{m,1}; L_{c,2}; L_{c,3}; L_{m,4})$$

$$L_2 = \max(1,33m; 1,45m; 1,35m; 0,78m)$$

$$L_2 = 1,45m$$

Largura de Influência 1:

$$M_{max} = q_{d,1} \cdot (b_{max,m1}^2/8 - a^2/2)$$

$$7kN = 7,56kN/m^2 \cdot 2,30m \cdot (b_{max,m1}^2/8 - (0,3m)^2/2)$$

$$b_{max,m1} = 1,90 m$$

$$V_{max} = q_{d,1} \cdot b_{max,v1}/2$$

$$14kN = 7,56kN/m^2 \cdot 2,30m \cdot b_{max,v1}/2$$

$$\boxed{b_{max,v1} = 1,61m}$$

Portanto será testado o menor valor obtido para saber se está dentro dos padrões de utilização.

$$f_{max} = 1 + (1610/500) = 4,2 mm$$

$$f_{max} = \frac{q_{s,1} \cdot (b_{max,f1})^2}{384 \cdot E \cdot I} \cdot (5 \cdot (b_{max,f1})^2 - 24 \cdot a^2)$$

$$4,2 \cdot 10^{-3}m = \frac{4,4kN}{m^2} \cdot 2,30m \cdot (b_{max,f1})^2}{384 \cdot 887kN \cdot m^2} \cdot (5 \cdot (b_{max,f1})^2 - 24 \cdot (0,3m)^2)$$

$$b_{max,f1} = 2,33 m$$

Largura de Influência 2:

$$M_{max} = q_{d,2} \cdot (b_{max,m2}^2/8 - a^2/2)$$

$$7kN = 7,56kN/m^2 \cdot 1,45m \cdot (b_{max,m2}^2/8 - (0,3m)^2/2)$$

$$b_{max,m2} = 2,34m$$

$$V_{max} = q_{d,1} \cdot b_{max,V2}/2$$

$$14kN = 7,56kN/m^2 \cdot 1,45m \cdot b_{max,V2}/2$$

$$b_{max,V2} = 2,55m$$

Portanto será testado o menor valor obtido para saber se está dentro dos padrões de utilização.

$$f_{max} = 1 + (2330/500) = 5,66 \text{ mm}$$

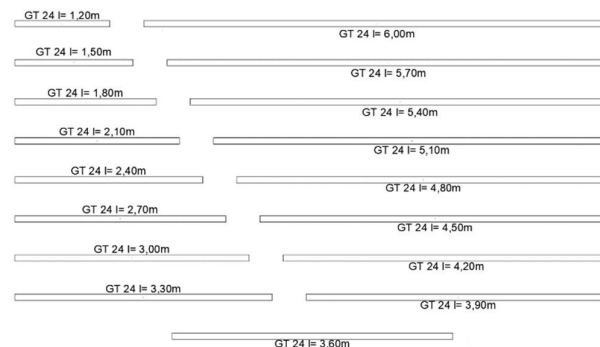
$$f_{max} = \frac{q_{s,2} \cdot (b_{max,f2})^2}{384 \cdot E \cdot I} \cdot (5 \cdot (b_{max,f2})^2 - 24 \cdot a^2)$$

$$5,66 \cdot 10^{-3}m = \frac{4,4kN}{m^2} \cdot 1,45m \cdot (b_{max,f2})^2}{384 \cdot 887kN \cdot m^2} \cdot (5 \cdot (b_{max,f2})^2 - 24 \cdot (0,3m)^2)$$

$$b_{max,f} = 2,80 \text{ m}$$

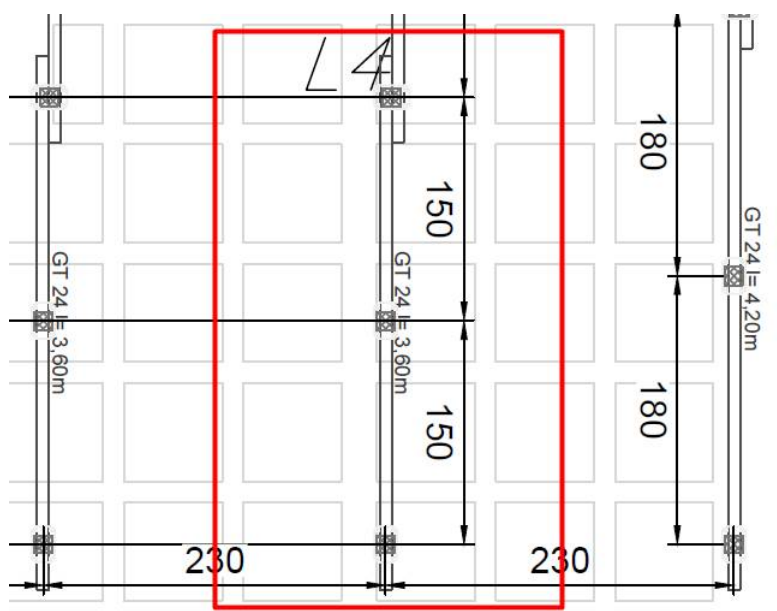
Com base nessas informações de espaçamentos máximos, os espaçamentos a serem adotados são definidos conforme dimensão na laje, e assim como foi feito para as transversinas, tentando ao máximo padronizar as distâncias, para facilitar a montagem dos equipamentos. Assim como as transversinas, os comprimentos das longarinas são pré-definidos, entretanto possuem uma maior variedade, por serem mais resistentes, podem resistir a maiores vãos (ver Figura 30).

Figura 30 - Comprimentos disponíveis para longarinas da PERI



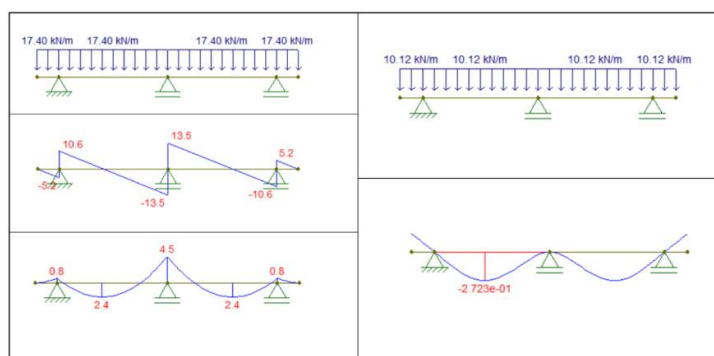
Como em alguns casos o comprimento da longarina provavelmente será menor que 2 metros, após a distribuição das distâncias, foi utilizado em algumas vigas uma situação tri apoiada, para melhor aproveitamento do comprimento das longarinas, e uma redução da quantidade de transpasses. Portanto, nesse caso, foi feito uma análise dimensional como o programa Ftool para validar as condições do pior cenário (Ver Figura 27)

Figura 31 – Pior Cenário – Laje 2 – Tri apoiada



Com a largura de influência de 2,30 como demonstrado na Figura 31, foi possível retirar as cargas de serviço e de utilização, a partir delas foi gerado os seguintes diagramas para análise do sistema. Constatando que o caso mais crítico ainda está de acordo com as cargas máximas para a viga.

Figura 32 - Análise estrutural pior caso - Longarina



4.2.3 Suporte

Para a análise do suporte, será utilizada retirada a área dos pontos mais críticos de cada laje, multiplicá-lo pela carga da laje, e confirmar com a resistência de tabela fornecida pelo catálogo (Ver Figura 33). A Escora utilizada para esse escoramento foi a PEP 20-300, que possui uma altura ajustável de 1.70 até 3.00 metros de altura.

Logo, a altura utilizável para o escoramento é retirada a partir da cota do piso até a trama, que é onde ocorrerá a transferência de esforços. A altura total do piso ao teto, no caso em estudo é de 2,95m, subtrai-se o valor da altura da laje, do compensado e da trama completa. Portanto para a laje lisa a altura será de 2,60m e para as lajes nervuradas, a altura será de 2,48m.

Figura 33 - Obtenção de carga máxima axial de escoras

Extension Length [m]	PEP 20 N 260* L = 1.51 – 2.60 m		PEP 20-300 L = 1.71 – 3.00 m		PEP 20-350 L = 1.96 – 3.50 m	
	Outer Tube Bottom	Inner Tube Bottom	Outer Tube Bottom	Inner Tube Bottom	Outer Tube Bottom	Inner Tube Bottom
1.60	35.0	35.0				
1.70	35.0	35.0				
1.80	35.0	35.0	36.4	36.4		
1.90	35.0	35.0	36.4	36.4		
2.00	33.5	35.0	36.1	36.4	36.4	36.4
2.10	31.9	35.0	35.2	36.4	36.4	36.4
2.20	30.9	35.0	34.4	36.4	36.4	36.4
2.30	29.8	35.0	29.9	36.4	36.4	36.4
2.40	28.6	35.0	28.7	36.4	36.4	36.4
2.50	27.1	32.9	27.7	36.4	36.4	36.4
2.60	24.8	29.4	26.9	36.3	34.8	36.4
2.70			25.7	32.7	33.4	36.4
2.80			24.0	29.3	32.1	36.4
2.90			22.3	26.5	31.1	36.4
3.00			20.5	23.9	30.1	36.4
3.10					28.3	35.7
3.20					26.5	32.5
3.30					24.8	29.7
3.40					23.1	27.2
3.50					21.3	24.8
3.60						

Portanto, para cada laje foi desenvolvido uma malha de influência, traçando retas a partir da metade da distância entre as escoras, retirando as que tiveram uma maior área de influência (conforme Figura 34), obtendo os seguintes resultados para cargas axiais

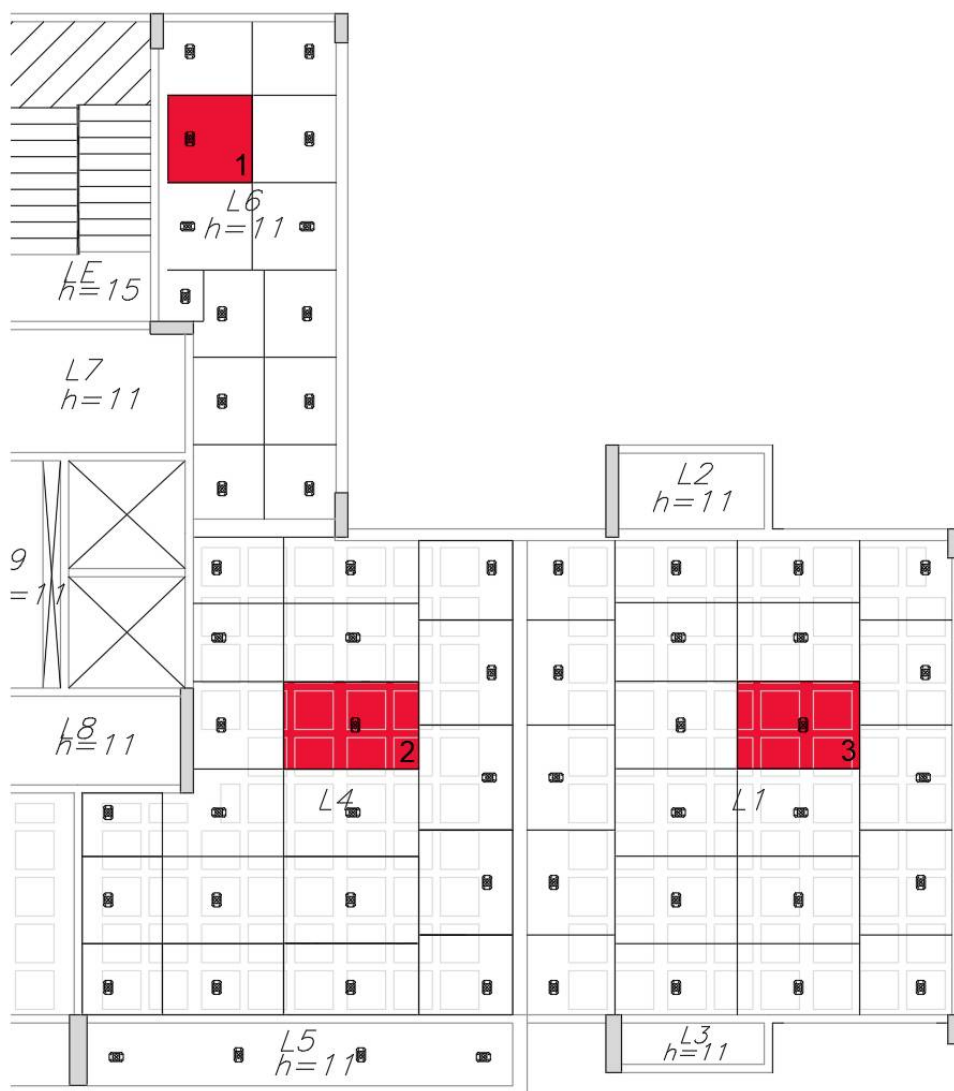
$$Q1 = A1 * Fd = 2,16\text{m}^2 * 7,56 \text{ kN/m}^2 = 16,33 \text{ kN} < 26,9 \text{ kN}$$

$$Q2 = A2 * Fd = 3,47\text{m}^2 * 7,56 \text{ kN/m}^2 = 26,23 \text{ kN} < 26,9 \text{ kN}$$

$$Q3 = A3 * Fd = 3,15\text{m}^2 * 7,56 \text{ kN/m}^2 = 23,81 \text{ kN} < 26,9 \text{ kN}$$

Como nenhuma das cargas críticas da laje deram superior a carga admissível da escora, não haverá necessidade de reduzir os espaçamentos entre elas.

Figura 34 - Malha de influência para escoras metálicas



5 Conclusões

Durante o dimensionamento, foi possível observar que em muitos casos, o aproveitamento dos espaçamentos não eram satisfatórios, por terem sido muito limitados pelo formato da laje, tomamos como exemplo o espaçamento dos apoios das transversinas, poderia chegar a 3,25 metros, porém nenhum caso superou 2,30 metros, e na laje 1, houveram casos em que o espaçamento não chegou nem a 50% desse valor.

Tabela 3 – Lista de materiais com base nas solicitações do cliente

LISTA DE MATERIAL - PRÉ-DIMENSIONAMENTO				
	PESO TOTAL:	8.043,96 kg		R\$ 4.985,60
ART. Nº	DESCRIÇÃO	PESO	QUANT.	Preço
075180	VIGA GT-24 1,80M	10,60	20	R\$ 6,94
075210	VIGA GT-24 2,10M	12,40	4	R\$ 8,05
075240	VIGA GT-24 2,40M	14,20	2	R\$ 9,16
075270	VIGA GT-24 2,70M	15,90	76	R\$ 10,27
074990	VIGA VT-20K 1,45M	8,56	26	R\$ 4,33
074905	VIGA VT-20K 2,15M	12,70	304	R\$ 6,13
103058	ESCORA PEP 20-300	15,70	130	R\$ 12,45
028680	MULTIFLEX FORCADO 20/24 S	3,24	130	R\$ 3,25

Tabela 4 - Lista de materiais com base no dimensionamento em estudo

LISTA DE MATERIAL - PÓS-DIMENSIONAMENTO				
	PESO TOTAL:	6.801,82 kg		R\$ 4.197,19
ART. Nº	DESCRIÇÃO	PESO	QUANT.	Preço
075180	VIGA GT-24 1,80M	10,60	10	R\$ 6,94
075210	VIGA GT-24 2,10M	12,40	2	R\$ 8,05
075270	VIGA GT-24 2,70M	15,90	6	R\$ 10,27
075360	VIGA GT-24 3,60M	21,20	26	R\$ 13,62
075420	VIGA GT-24 4,20M	24,80	12	R\$ 15,81
074905	VIGA VT-20K 2,15M	12,70	12	R\$ 6,13
074910	VIGA VT-20K 2,45M	14,46	14	R\$ 6,90
074890	VIGA VT-20K 2,65M	15,64	124	R\$ 7,42
074920	VIGA VT-20K 2,90M	17,11	70	R\$ 8,06
103058	ESCORA PEP 20-300	15,70	118	R\$ 12,45
028680	MULTIFLEX FORCADO 20/24 S	3,24	118	R\$ 3,25

Após o desenvolvimento dos projetos, foram retiradas as listas de materiais para cada um deles para um pavimento inteiro, apenas focado no escoramento de lajes, os preços foram coletados da tabela de 2016, e os pesos dos materiais retirados do catálogo de equipamentos. Foi possível observar uma redução de 1,2 toneladas de material (cerca de 20% do valor inicial) e de R\$ 788,41/mês, se considerado sem descontos, apesar dos valores serem muito limitados pela estrutura, ainda foi possível reduzir o número de escoras em 12 unidades, o que acarreta em um pavimento mais acessível para os trabalhadores.

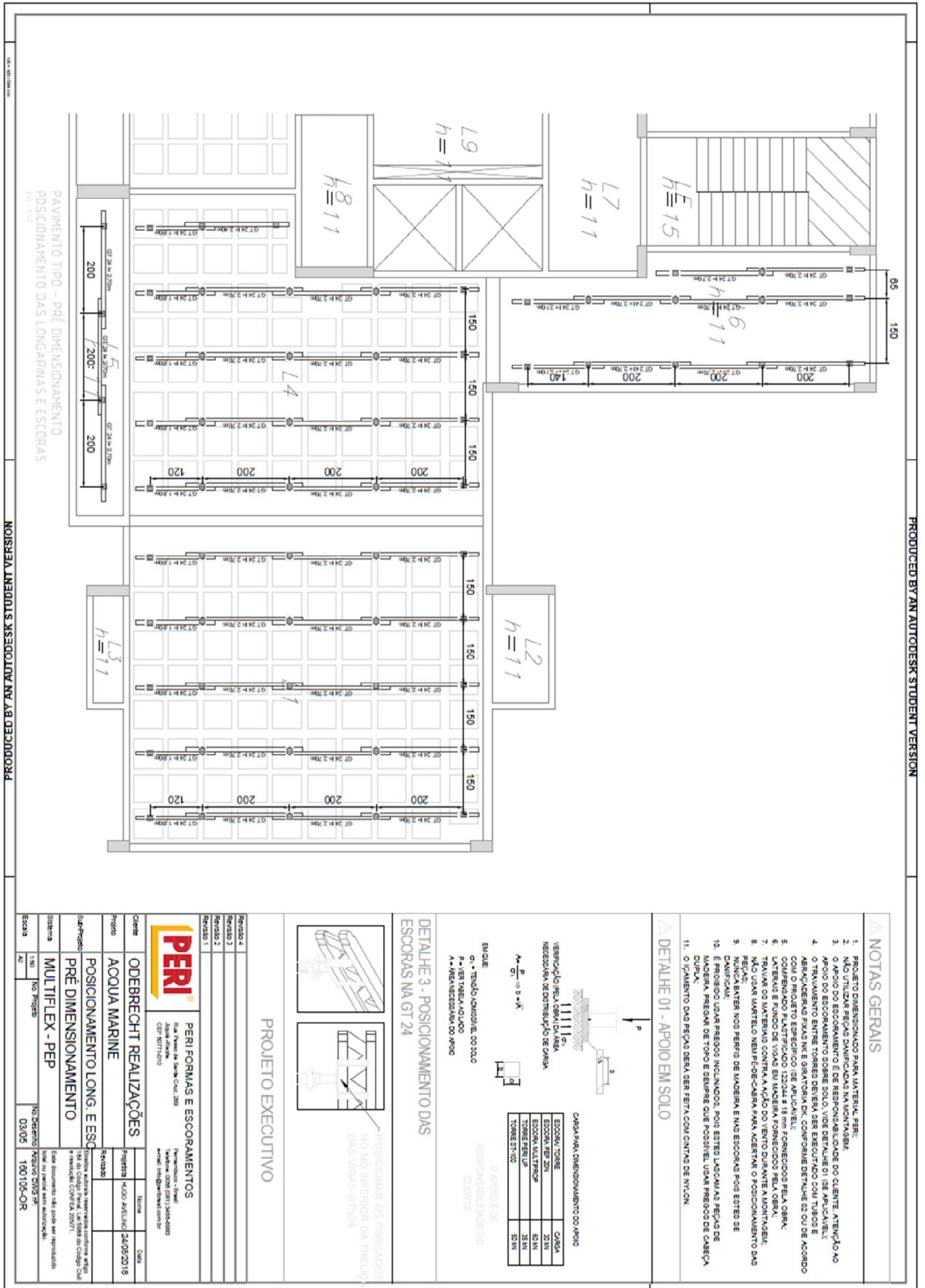
Otimizar o espaçamento das transversinas, e tentar usar ao máximo do compensado são estratégias que ajudam muito na redução de material e tempo de montagem, pois apenas as transversinas correspondem a cerca de 50% de todo o peso do escoramento das lajes. Além de afetar bastante no preço, pois globalmente é considerada de mesma importância quando comparado a quantidade de escoras no projeto.

Entretanto a literatura escassa sobre as folhas de compensado, e a falta de conhecimento dos dados de entrada para o dimensionamento, fazem com que projetos de cimbramento sejam muitas vezes superdimensionado, a especificação das folhas de compensado são de grande aleatoriedade, portanto deve-se padronizar os ensaios para obtenção de valores mais próximos do exato, isso fará com que os projetos sejam melhores executados e projetados.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696: Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. São Paulo, 2009. 29 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro, 1997. 107 p.
- ATEX. **Catálogo de Dados Técnicos**. 12 p.
- MARANHÃO, G. M. **Fôrmas para concreto: Subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97**. 2000. 226 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000.
- ARCELLOR MITTAL. **Manual Técnico de Lajes Treliçadas**. 2010
- KISIL, Rosana. **Elaboração de Projetos e Propostas para Organizações da Sociedade Civil**. São Paulo. Global, 2001. (Coleção Gestão e sustentabilidade)
- PERI. **Design Tables: Formwork and Shoring**. 2014.
- PFEIL, Walter. **Cimbramentos**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Livros Técnicos S.A., 1987.
- PINI. **Manual SH de fôrmas para concreto e escoramentos metálicos**. 2008.





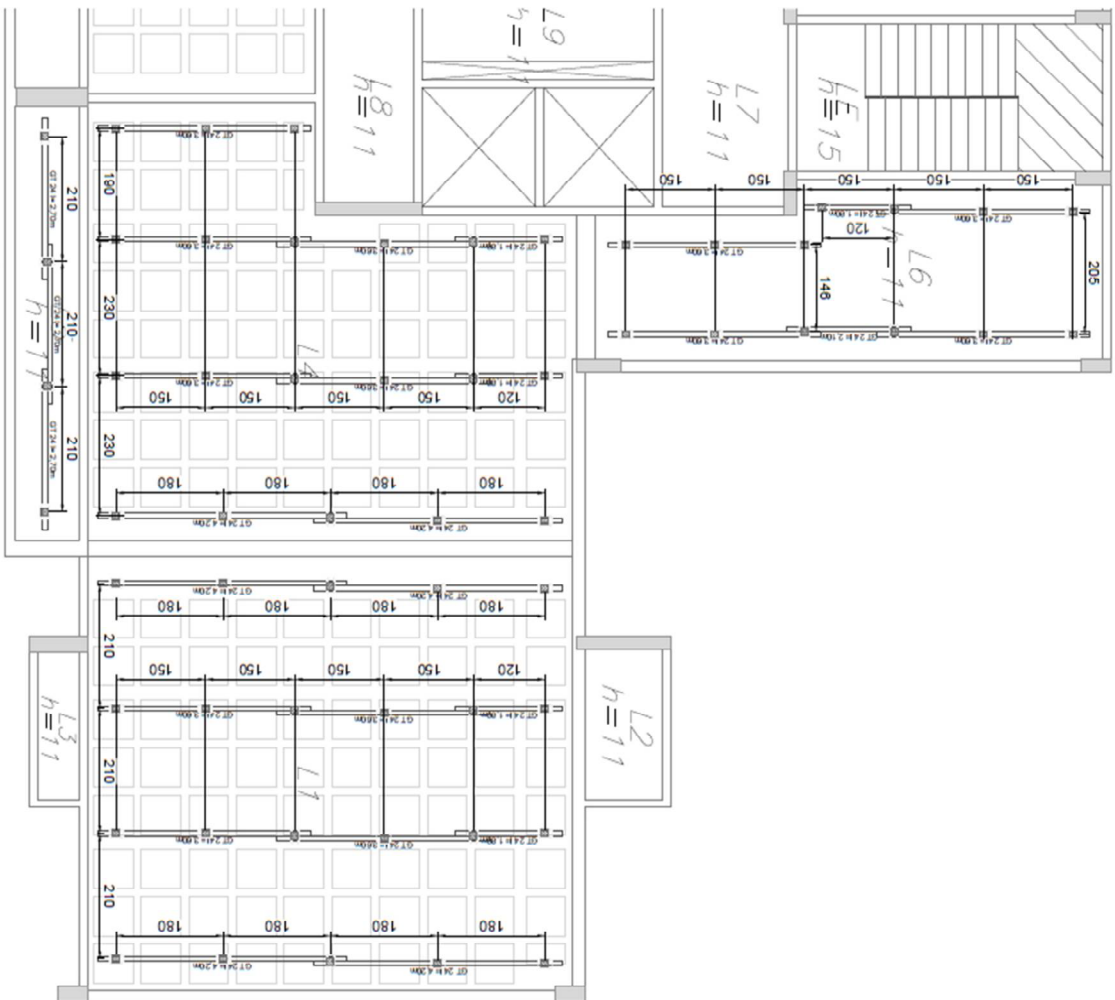
[illegible][illegible]

Rev 1500 4	
Rev 1500 3	
Rev 1500 2	
Rev 1500 1	



ANEXO 5 – Longarinas pré-dimensionamento

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



NOTAS GERAIS

1. NÃO UTILIZAREMOS IMAGENS EM CONTRASTE;
2. NÃO USAREMOS TONS DE AZUL PARA DESTACAR O LOGO;
3. NÃO USAREMOS O LOGO DO CLIENTE, ATENDENDO AO APELO DO ESTOQUISTAMENTO E DO RESPOSTAÇÃO DO CLIENTE, ATENDENDO AO APELO DO ESTOQUISTAMENTO SOBRE O LOGO, O QUE DESTACARÁ O LOGO;
4. O TRATAMENTO ENTRE CORPUS DEVE SER EXERCÍCIO DE CONTATOS E ADEQUAÇÃO PARA NÃO OBRIGAR O CLIENTE, COMPREENDENDO O LOGO DO CLIENTE COM O PROJETO ESPECÍFICO DE PROJETO;
5. COMPREENDENDO O PROJETO DE PROJETO E O PROJETO DE PROJETO DE PROJETO;
6. ENTENDENDO O PROJETO DE PROJETO E O PROJETO DE PROJETO DE PROJETO;
7. ENTENDENDO O PROJETO DE PROJETO E O PROJETO DE PROJETO DE PROJETO;
8. ENTENDENDO O PROJETO DE PROJETO E O PROJETO DE PROJETO DE PROJETO;
9. ENTENDENDO O PROJETO DE PROJETO E O PROJETO DE PROJETO DE PROJETO;
10. ENTENDENDO O PROJETO DE PROJETO E O PROJETO DE PROJETO DE PROJETO;
11. ENTENDENDO O PROJETO DE PROJETO E O PROJETO DE PROJETO DE PROJETO;

△ DETALHE 01 - APOIO EM SOLO



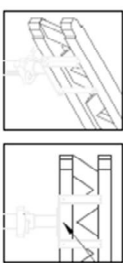
CARGA PARA DIMENSIONAMENTO DO AÇO	
ESCORVA TORRE	CARGA
ESCORVA 18x20x	30 kN
ESCORVA MULTIPROSP	60 kN
TORRE PER.UP	35 kN
TORRE 27x03	50 kN

EM QUE:

a. - TENDO ADMISSÃO DO DO

P - VER TABELA AO LADO

DETALHE 3 - POSICIONAMENTO DAS ESCORAS NA GT 24



PROJETO EXECUTIVO

[illegible]

ANEXO 6 – Fotos de montagem

Figura 35 - Finalização do barroteamento, e posicionamento dos compensados**Figura 36** - Finalização do posicionamento dos compensados e início dos moldes