



**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



Lucas De Conto

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PROJETOS APLICADA NO
DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**

**PASSO FUNDO
2021**

Lucas De Conto

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PROJETOS APLICADA
NO DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia de Produção na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Juliana Kurek, Mestre.

Passo Fundo

2021

Lucas De Conto

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA DE PROJETOS APLICADA
NO DETALHAMENTO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**

Trabalho Final de Graduação apresentada ao Curso de Engenharia de Produção na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Professor Juliana Kurek, Mestre.

Aprovado em: 08 de julho de 2021

BANCA EXAMINADORA

Juliana Kurek, Mestre.
Universidade de Passo Fundo

Nilo Alberto Scheidmandel, Mestre.
Universidade de Passo Fundo

Anderson Hoose, Mestre.
Universidade de Passo Fundo

Passo Fundo

2021

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho aos meus pais, meu irmão e minha noiva que me apoiaram nesta etapa e ao longo destes anos, contribuíram para esta conquista.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por estar presente em todos os momentos, para conceder a realização desse sonho.

Gostaria de registrar meus agradecimentos a todos que colaboraram para realização deste trabalho. Meu agradecimento em especial para orientadora Profa. Juliana Kurek, coordenadora do curso, com sua paciência e competência para a conclusão deste trabalho.

Aos professores da banca, Prof. Anderson Hoose e Prof. Nilo Alberto Scheidmandel que contribuíram consideravelmente com ponderações e sugestões.

RESUMO

Com o crescimento da construção civil, houve um aumento na procura por profissionais conceituados para desenvolverem com agilidade e eficiência os projetos de detalhamento nos diversos empreendimentos metálicos. O objetivo do trabalho é apresentar uma metodologia aplicada no detalhamento de estruturas metálicas. O método do trabalho consiste em uma pesquisa exploratória junto aos profissionais da área de projetos, garantindo o acesso a informações qualitativas e técnicas por meio de uma entrevista não estruturada relacionada a prática profissional. Foi aplicado em uma empresa de estruturas metálicas, onde foram desenvolvidas as etapas de projeto: projeto básico, projeto executivo, projeto de chumbeamento, projeto de detalhamento e projeto de montagem. Dentre as principais conclusões, o trabalho visa contribuir na atividade de novos profissionais e em especial no processo de detalhamento de estruturas metálicas, afim de otimizar as fases de desenvolvimento do produto.

Palavras-chaves: Estrutura metálica, projeto de produto, metodologia de projeto.

Sumário

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE QUADRO.....	10
LISTA DE TABELA.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Considerações Iniciais.....	12
1.2 Problema	13
1.3 Justificativas	14
1.4 Objetivos	14
1.4.1 Objetivo Geral	14
1.4.2 Objetivos Específicos.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	166
2.1 Etapas do projeto	166
2.2 Projeto Arquitetônico	Erro! Indicador não definido.8
2.3 Projeto Executivo	Erro! Indicador não definido.9
2.4 Projeto de Fabricação	20
2.5 Projeto de Montagem.....	24
3 MÉTODO DO TRABALHO.....	27
3.1 Descrição do objeto de estudo	27
3.2 Procedimento metodológico	27
3.2.1 Projeto básico	30
3.2.2 Projeto executivo.....	31
3.2.3 Prancha: elevação dos eixos.....	34
3.2.4 Prancha: vista superior estrutura principal	36
3.2.5 Prancha: vista superior estrutura secundária em terça	37
3.2.6 Detalhes: estrutura principal e secundária.....	38
3.2.7 Elevações laterais e oitão	39
3.2.8 Elevação dos fechamentos	41
3.2.9 Escada marinheiro	42
3.2.10 Locação das telhas de cobertura e fechamento.....	44
3.2.11 Locação de calhas e condutores pluviais.....	46

3.2.12	Detalhes construtivos.....	47
3.2.13	Projeto de chumbação.....	49
3.2.14	Projeto de detalhamento	54
3.2.15	Estrutura metálica principal.....	56
3.2.16	Estrutura metálica secundária.....	57
3.2.17	Projeto de fabricação	58
3.2.18	Projeto de montagem.....	62
3.2.19	Projeto das telhas de cobertura e fechamento.....	68
3.2.20	Lista de suprimentos.....	71
3.2.21	Verificação dos projetos de detalhamento.....	72
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	75
4.1	Estrutura de projeto.....	76
4.1.2	Formato do selo padrão.....	76
4.1.3	Codificação de projeto.....	77
4.1.3.1	Tipo de projeto.....	77
4.1.3.2	Tipo de produto.....	77
4.1.3.3	Numeração dos desenhos.....	78
4.1.3.4	Revisão.....	78
4.2	Projeto executivo.....	79
4.2.1	Codificação para desenho.....	79
4.2.1.1	Revisão.....	79
4.2.1.2	Tipo de projeto.....	79
4.2.1.3	Numeração dos desenhos.....	79
4.2.1.4	Revisão.....	80
4.3	Projeto fabricação.....	80
4.3.1	Codificação para desenho.....	80
4.3.1.1	Sub etapa da obra.....	80
4.3.1.2	Tipo de projeto.....	81
4.3.1.3	Numeração dos desenhos.....	81
4.3.1.4	Revisão.....	81
4.4	Tabela de revisão.....	81
4.5	Textos, cotas e escalas.....	84
4.6	Representações de desenhos.....	85

4.7	Planejamento em obras com estruturas metálicas.....	85
4.7.1	Contratação.....	86
4.7.2	Escolha do tipo da estrutura metálica.....	86
4.7.3	Premissas de projeto.....	87
4.7.4	Análise e desenvolvimento do projeto metálico.....	87
4.7.5	Processos organizacionais do projeto.....	91
5	CONCLUSÃO.....	92
5.1	Considerações finais.....	92
5.2	Recomendações para trabalhos futuros.....	93
	REFERÊNCIAS.....	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre medida de vãos	20
Figura 2 – Exemplo cotas	24
Figura 3 – Macro fluxograma do processo	29
Figura 4 – Fluxograma do projeto executivo.....	32
Figura 5 – Layout das etapas	34
Figura 6 – Elevação dos eixos	35
Figura 7 – Vista superior da estrutura principal	36
Figura 8 – Vista superior da estrutura secundária em terça.....	37
Figura 9 – Detalhes típicos dos contraventos	38
Figura 10 – Detalhes típicos das correntes rígidas e tirantes.....	39
Figura 11 – Contraventos nas elevações laterais	40
Figura 12 – Contraventos em pórticos metálicos	40
Figura 13 – Elevação frontal do fechamento.....	41
Figura 14 – Elevação lateral do fechamento	42
Figura 15 – Perspectiva escada marinheiro	43
Figura 16 – Locação das telhas de cobertura.....	45
Figura 17 – Locação das telhas de fechamento	45
Figura 18 – Elevação do zenital	46
Figura 19 – Locação de calhas e condutores	47
Figura 20 – Fluxograma projeto de chumbação	50
Figura 21 – Planta de locação das bases de pilares	51
Figura 22 – Detalhe típico de chumbação para base pilar metálico	52
Figura 23 – Detalhe típico de chumbação tipo inserto	53
Figura 24 – Fluxograma do projeto de detalhamento.....	56
Figura 25 – Detalhe estrutura principal	57
Figura 26 – Detalhe estrutura secundária	58
Figura 27 – Exemplo detalhamento viga.....	60
Figura 28 – Exemplo detalhamento terça.....	60
Figura 29 – Exemplo detalhamento telha.....	61
Figura 30 – Exemplo selo padrão	61
Figura 31 – Vista superior da estrutura principal	62

Figura 32 – Vista superior da estrutura secundária	63
Figura 33 – Detalhes de fixação da estrutura secundária	64
Figura 34 – Elevação típica dos pórticos.....	64
Figura 35 – Detalhes do pórtico	65
Figura 36 – Vista lateral da estrutura secundária	65
Figura 37 – Detalhes da estrutura secundária.....	66
Figura 38 – Locação escada marinho	67
Figura 39 – Detalhes escada marinho	68
Figura 40 – Vista superior das telhas	69
Figura 41 – Detalhes de vedação.....	70
Figura 42 – Detalhes de vedação da telha	70
Figura 43 – Protocolo de liberação.....	74
Figura 44 – Tipo de produto	77
Figura 45 – Tabela de revisão.....	82
Figura 46 – detalhe de revisão.....	83
Figura 47 – detalhe de revisão lista de materiais.....	83
Figura 48 – Representação do desenho técnico.....	85
Figura 49 – Fluxograma do projeto as built	90
Figura 50 – Informações e esclarecimentos	91

LISTA DE QUADRO

Quadro 1 – Dimensão padrão de folhas de desenhos	23
--	----

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Check list de verificação do projeto executivo.....	48
Tabela 2 – Check list do projeto de chumbeamento.....	53
Tabela 3 – Exemplo lista de suprimentos.....	71
Tabela 4 – Check list de verificação.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABECE	Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural
AISC	Instituto Americano de Construção de Aço
AWS	Structural Welding Code – Steel
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CNC	Computer Computer Numeric Control
MBCEM	Manual Brasileiro para Cálculo de Estruturas Metálicas
NBR	Associação Brasileira de Normas Técnicas

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

Diante do crescimento da demanda no mercado e da falta de profissionais qualificados para o detalhamento de projetos de estruturas metálicas, as empresas não possuem procedimentos para desenvolver o processo com práticas que as possibilitem obter maior eficiência através do planejamento, com menores chances de erros em todas as fases de aplicação no desenvolvimento e metodologia aplicados em projeto. Logo, o presente trabalho pode oferecer referências para novos profissionais que estão desempenhando suas funções nesta área (GUARNIER, 2009).

O objetivo do trabalho está em propor uma metodologia no desenvolvimento de projetos, aplicada no detalhamento de projetos de estruturas metálicas. Com objetivo de melhorias nos resultados com o conhecimento e soluções eficientes visando reduzir os problemas e a melhor utilização dos recursos Guia PMBOK (2017). Será desenvolvido um modelo de processos com passo a passo, das fases do processo para a concepção e execução do projeto.

A estrutura do trabalho apresentará na sequência, a fundamentação teórica, e aprofundar a teoria sobre o assunto tratado no trabalho, o qual será a base de comparação para a parte prática, tendo maior embasamento. Na sequência serão feitas algumas considerações metodológicas. Por fim, são realizados comentários e considerações finais.

Para realizar a fundamentação teórica, inicialmente abordamos no capítulo 1, as considerações iniciais, problemas, justificativas, objetivos gerais e específicos para o desenvolvimento de projetos de estruturas metálicas. Posteriormente será abordado no capítulo 2, a revisão da literatura, no capítulo 3, apresentamos o método do trabalho, descrição do objetivo de estudo e o procedimento metodológico, no capítulo 4, será comentado sobre análise parcial dos resultados, e por fim, no capítulo 5, apresentam-se as considerações finais.

1.2 Problema

Com profissionais pouco capacitados atuantes no mercado, a falta de planejamento para o uso do aço como material estrutural leva a problemas que seriam facilmente solucionados no processo de projeto. Problemas estruturais seriam evitadas se houvesse o cuidado, por parte dos projetistas (GUARNIER, 2009).

Para atuar na área de construção metálica é necessário possuir um conhecimento específico para tal área, que na maioria das vezes não é adquirido com a graduação. Geralmente o conhecimento técnico para se realizar os desenhos de fabricação são adquiridos muitas vezes com profissionais que atuam a maior tempo dentro da própria empresa. Percebe-se ainda hoje essa realidade, pois mesmo com a utilização de *softwares*, é necessário ter conhecimento e interpretação de projetos. Os custos em correções em função das falhas em projetos nas etapas de execução demonstram o elevado percentual de erros pelos quais os projetos respondem (MACIEL et al. 1996).

Foram levantadas algumas falhas no processo de projeto, especialmente no processo de detalhamento. Conclui-se sua ineficiência do sistema estrutural metálico, especificações de materiais construtivos complementares, evidenciando que são necessários avanços no processo de projetos de estruturas metálicas (TEIXEIRA, 2007).

Conforme Bellei (2010), o bom desempenho no processo da fabricação e montagem dependem de um criterioso projeto de detalhamento. E para que isso aconteça, os profissionais precisam dispor de conhecimento e recomendações de cada norma.

Um dos problemas encontrados na gestão de projetos é a dificuldade de comunicação entre os indivíduos ou organizações. O processo de comunicação deve assegurar que a equipe do projeto trabalhe de maneira alcançar maior agilidade para resolver os problemas de projeto (VARGAS, 2009).

Neste contexto, o presente trabalho busca responder a seguinte pergunta.

Quais são os resultados obtidos para a empresa com a elaboração da proposta de uma metodologia de projetos aplicada no detalhamento de estruturas metálicas?

1.3 Justificativas

Este trabalho pretende contribuir com um estudo voltado ao processo de detalhamento de estruturas metálicas, procurando proporcionar maior conhecimento e o avanço nessa área, elaborando diretrizes para detalhamento de estruturas metálicas, aplicadas a empresas ou escritórios de projetos. De acordo com pesquisas em livros e sites, não há um manual ou livros referentes a elaboração e detalhamento de projetos de estruturas metálicas (GUARNIER, 2009).

As principais vantagens ou benefícios obtidos permite antecipar e evitar surpresas, permitindo desenvolver novas técnicas e diferencias competitivos, além de estruturar e disponibilizar informações, agilizando as decisões e proporcionar estimativas para os demais projetos. Segundo PMI (2017) o uso de técnicas e ferramentas de gerenciamento de projetos fornece referência, permitindo que as empresas alcancem seus objetivos e metas.

O resultado esperado é obter uma metodologia que possa mapear todo o método de concepção de projeto, desde a aprovação até as etapas de detalhamento. Com isso será possível executar um projeto completo, em que atenda a empresa em menor tempo possível sem comprometer a qualidade e confiabilidade. Segundo Jordão et al. (2015) cita o planejamento, controle e suporte gerenciais, assim como a comunicação, envolvimento do cliente e feedback como fatores críticos de sucesso de um projeto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo geral: Propor uma metodologia de projeto aplicada ao detalhamento de estruturas metálicas.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são definidos como:

- 1 Elaborar modelos de referência para desenvolvimento das fases do projeto;
- 2 Elaborar detalhes típicos, afim de possibilitar o detalhamento de estruturas metálicas;
- 3 Aplicar metodologia padrão na fase de projeto.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para atingir os objetivos propostos, foram utilizados como base materiais já elaborados, como livros, normas, manuais, artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Dando ênfase no conhecimento do assunto a ser trabalhado com bases em fontes existentes, normas técnicas, teses, dissertações e artigos específicos.

O aprendizado no processo de elaboração e detalhamento não são fornecidos por meio acadêmico. A formação de profissionais para atuar com detalhamento ocorre dentro de indústrias e de escritórios de projeto (GUARNIER, 2009).

O projeto é um conjunto de atividades executadas em determinado tempo, nas organizações são criados projetos, afim de realizar um serviço ou resultado único. Sendo assim um projeto necessita um escopo definido para se obter um início e fim do mesmo (Guia PMBOK, 2017).

2.1 Etapas do projeto

A etapa inicial do projeto caracteriza-se pela elaboração da proposta técnica e comercial com descrição do fornecimento quantitativo da estrutura e prazos a partir de projetos básicos, vinculando o processo de planejamento, controle, e utilização de soluções econômicas e tecnicamente viáveis. O uso abrangente de projetos nas organizações estimula a busca por fatores que influenciam o sucesso de um projeto, com o qual permite se antecipar e evitar surpresas. Esse tema assume especial importância na medida em que vários estudos apontam que as taxas de sucesso em projetos não são satisfatórias (Guia PMBOK, 2017).

Deve ser elaborado um cuidadoso plano de compatibilização, com finalidade de compatibilizar todas as disciplinas afim de garantir o processo de comunicação, esse pode ser uma das principais causas dos atrasos nas realizações dos empreendimentos e dos constantes conflitos entre os profissionais envolvidos nesta área. Para Moraes (2000), afirma que a falta de compatibilização de projetos também é um problema na construção metálica, como ocorre na construção civil em geral.

Nesse aspecto, problemas de projetos podem gerar retrabalhos, custos adicionais e atrasos em campo, afetando o cronograma final da obra. A visão do cliente do projeto às

vezes não é ampla, e contempla somente o contato com o empreendedor (MORAES, 2000).

Segundo Castro (1999), podem-se fazer alguns destaques aos empreendimentos que envolvem a construção metálica: na concepção as peças já chegam produzidas da fábrica, com a finalidade de apenas serem montadas em obra, nesse caso o projeto necessita compatibilização e planejamento. No projeto estrutural todo sistema deve ser padronizado com a intenção de obter maior produtividade, na fabricação e montagem. A industrialização exige mão de obra qualificada, permitindo facilitar o processo de produção aceitando outros componentes pré-fabricados.

De acordo com Raad Jr. (1999), em seu estudo sobre as diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas determina que o objetivo do projeto deve ser definido no projeto arquitetônico ou no projeto básico. Segundo o autor as dimensões, cargas atuantes e demais dados são indicados para o cálculo e dimensionamento da estrutura.

Segundo o manual ABECE (2007), devido ao fato de elaboração de projetos ser complexo e envolver diversas interfaces, o adequado seria que as empresas de projeto estrutural fossem contratadas ainda no início da concepção. Desta forma os projetos seriam previamente compatibilizados desde o início do empreendimento aumentando a qualidade da edificação.

“O cálculo existe para comprovar e corrigir o que se intuiu” (REBELLO, 2000, não pag.).

Segundo Bellei (2010), as principais fases na construção de uma obra são:

- 1) Arquitetura: consiste na elaboração de projetos para base dos demais projetos da edificação, que vai possibilitar a visão da obra finalizada antes mesmo da construção iniciar. A partir desse estudo é possível planejar os materiais e dimensões em todas as fases do projeto;
- 2) Projeto estrutural: a concepção de uma estrutura deve incorporar todas as necessidades funcionais e econômicas que serão empregados a configuração da estrutura, às cargas a serem adotadas e às especificações. Esses critérios devem descrever, de forma detalhada os elementos de sustentação, ligações principais e secundárias e se a estrutura será soldada ou parafusada. O cálculo e dimensionamento da estrutura são realizados com base em normas (NBR 8800:2008, por exemplo) e com auxílio de *softwares* computacionais;

- 3) Projeto de chumbação: é de extrema importância a compatibilização de projetos com a locação exata de níveis e cotas da obra de acordo com o projeto de topografia, assegurando maior eficiência na montagem da estrutura. A padronização de bases típicas possibilita maior produção e a redução na incompatibilidade. A Norma Brasileira NBR 8800:2008 estabelece dimensões máximas de furos, podendo ser utilizados furos com diâmetros maiores nas placas bases de apoio dos pilares, considerando as tolerâncias de locação dos chumbadores nas bases de concreto, com o uso de arruelas soldadas na placa base;
- 4) Detalhamento: o detalhamento da estrutura ocorre na fase do projeto executivo, onde deverá ser elaborado os desenhos de fabricação, com função de traduzir para fábrica as informações de cada peça, pode-se detalhar mais de uma peça por prancha, porém separadas por linha de produto, visando atender os cronogramas de fabricação e montagem;
- 5) Fabricação: é o importante processo de industrialização que deverá compor as peças conforme a orientação do projeto de fabricação, elaborado no detalhamento pelo setor de engenharia. As peças são produzidas pela fábrica seguindo os parâmetros do projeto de fabricação, afim de garantir a montagem em obra;
- 6) Limpeza e proteção: Após finalizar o processo de fabricação, as peças passam pelo tratamento da superfície e pintura;
- 7) Transporte: no transporte as peças da estrutura devem ser enviadas de acordo com o sentido de montagem, para que não ocorra paralisações por falta de peças;
- 8) Montagem: o projeto de montagem tem por objetivo a união das peças fabricadas, através de parafusos ou soldas, executadas com mão de obra qualificada, utilizando equipamentos e ferramentas apropriadas.

2.2 Projeto Arquitetônico

O projeto arquitetônico ou projeto básico é a primeira etapa do processo, o termo projeto básico é mais utilizado para edificações industriais. Esse projeto básico é, em geral, para especificar a concepção geral da obra, possui um caráter mais orientativo, visando à venda do projeto contratado ao cliente (GUARNIER, 2009).

O projeto arquitetônico está associado a concepção estrutural, na escolha dos sistemas estruturais (arcos, vigas retas, pórticos, treliças ou viga de alma cheia, entre outros). No projeto arquitetônico o ideal é apresentar soluções que facilitem na fabricação e montagem da estrutura, utilizando padronização e simplicidade nas operações visando economia. O conhecimento por parte dos projetistas viabiliza as atividades que serão executadas, proporcionando grande importância no desempenho das soluções de projeto (BAURMAN, 2002).

“A melhor solução estrutural é aquela que melhor atende ao partido arquitetônico proposto de forma econômica e fácil de construir” (REBELLO, 2000, não pag).

A concepção de uma estrutura é desenvolvida pelo trabalho de arquitetos e engenheiros especialistas nos diversos campos da Engenharia (MBCEM, 1986), o conhecimento por parte dos projetistas das propriedades e bitolas do aço disponíveis no mercado agilizam no processo de projeto, sem que seja necessário fazer grandes revisões para viabilizar a execução da edificação, tirando proveito das vantagens principais da construção metálica (GUARNIER, 2009).

2.3 Projeto Executivo

Na etapa de projeto executivo de estruturas, corresponde à fase de detalhamento, são elaborados diversos desenhos e memória de cálculo, contendo as ligações principais, secundárias e as demais peças. Também é elaborada lista preliminar de materiais, para compra. Nessa fase serão definidos cortes e detalhes, além do posicionamento das peças para o desenvolvimento do projeto de fabricação (GUARNIER, 2009).

Os desenhos gerados irão servir como base para criação dos projetos de fabricação e montagem, além do mais serão compatibilizados com as demais disciplinas da edificação (RAAD JR, 1999)

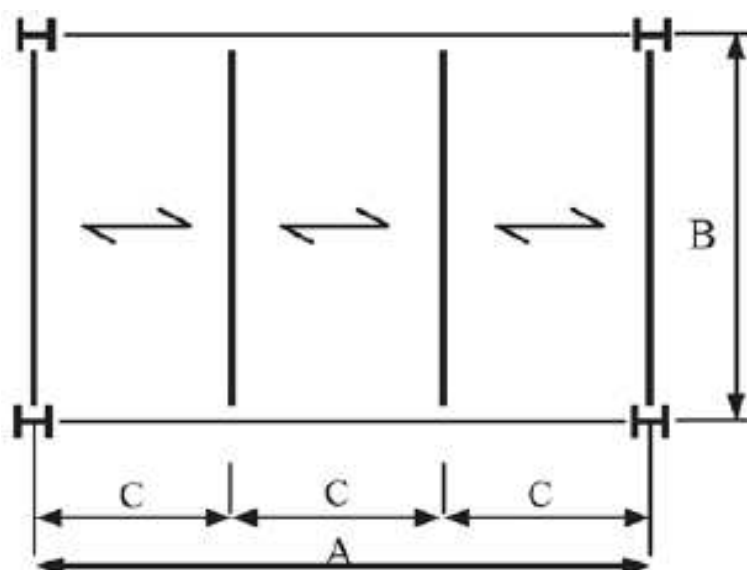
Para fins de compatibilização no “lançamento estrutural” serão consideradas a localização das vigas e pilares, alturas do pé direito e demais elementos integrantes da estrutura, sendo assim de acordo com a concepção estrutural adotada na proposta arquitetônica que são obtidos através de considerações de parâmetros de custos tais como material, custo de terreno, mão de obra de fabricação e montagem, projeto e manutenção da estrutura. Assim como os dimensionamento e localização de outros elementos estruturais que irão resistir às mesmas (MBCEM, 1986).

As considerações de projeto não devem ser confundidas com as especificações. Estas são referentes a materiais e ou métodos de execução. A especificação é a complementação do projeto, atuando nas indefinições em contrato de execução, o detalhamento de métodos e sequencias que não foram fornecidas em desenho (STARLING, 2000).

Os critérios de projeto do sistema estrutural deverão ser escolhidos de maneira clara, indicando o tipo de estrutura de acordo com a Norma, seja contraventada ou não. Lembrando que a posição dos contraventos depende das características funcionais da edificação (STARLING, 2000).

Na Figura 1, os vãos livres devem ser determinados em função das necessidades do tipo de ocupação em cada pavimento, sendo assim pequenos cuidados podem contribuir na estrutura, em relação ao melhor aproveitamento com menor volume de perdas (TEIXEIRA, 2007).

Figura 1 – Relação entre medidas de vãos.



Fonte: Teixeira (2007).

Para o melhor aproveitamento de perfis e chapas devem ser usados os comprimentos padrão que normalmente são de 6m e 12m, nessas dimensões ou seus múltiplos e submúltiplos, teremos o melhor aproveitamento. A disposição das vigas secundárias depende normalmente das lajes e o sistema estrutural define as vigas principais (GUARNIER, 2009).

Acredita-se que a etapa de projetos deve ser ainda mais valorizada em empreendimentos que utilizem sistemas construtivos metálicos. Por conceber a ideia de industrialização da construção, este

sistema construtivo é menos sujeito a improvisações de obra devido à, por exemplo, deficiências nos projetos. Problemas de projeto interferem na agilidade do processo construtivo e na qualidade do produto, o que reduz a competitividade da construção metálica. Desta forma, as etapas de dimensionamento e detalhamento do processo de projeto devem assegurar as vantagens da construção metálica (TEIXEIRA, 2007, p.45).

O dimensionamento da estrutura na fase do projeto executivo, corresponde a continuação dos cálculos iniciados no estudo preliminar do projeto básico. Ao final do dimensionamento, as vigas, as colunas, os contraventos, as ligações, as placas bases entre outros elementos, deverão estar dimensionados. Por fim os detalhes são elaborados para compreender os projetos. E análise com *software* para verificação do vento na estrutura (GUARNIER, 2009).

Nas ligações aparafusadas devem ser indicadas se o aperto será normal ou com protensão inicial em parafusos de alta resistência, neste caso se os parafusos trabalharem a cisalhamento, se a ligação é por atrito ou contato (NBR 8800: 2008).

As ligações soldadas devem ser representadas por simbologia padronizada contendo as informações completas, de acordo com AWS A2.4 (NBR 8800: 2008).

Quando o método construtivo for condicionante, tendo elaborado o cálculo estrutural devem ser indicados os pontos de içamento e os pesos previstos das peças da estrutura, adotando essas recomendações será possível definir o equipamento adequado que será utilizado na montagem. Além disso devem ser determinadas as posições temporária de equipamentos, posição de amarração de cabos ou espias, etc. (NBR 8800: 2008).

2.4 Projeto de Fabricação

O projeto de fabricação é definido como os desenhos desenvolvidos pelo fabricante da estrutura de aço, serão representados todos os detalhes de fabricação as chapas e perfis são produzidos ou adquiridos de acordo com as exigências do projeto estrutural. A Fase de detalhamento é composta por todas as peças e detalhes de ligação da estrutura (TEIXEIRA, 2007).

Na industrialização serão realizadas: a traçagem, o corte, o acabamento e pré-deformação, a soldagem, o desempeno a quente, a dobra, a furação, o ponteamto e todos os processos auxiliares (TEIXEIRA, 2007).

Cada projeto antecede a construção do empreendimento, considerada uma atividade quase artesanal para cada projeto desenvolvido. A rapidez do ciclo de desenvolvimento faz com que a Engenharia e Planejamento trabalhem simultaneamente. Porém, trata-se de uma estratégia muito arriscada visto que o processo de engenharia está em constantes modificações, gerando possíveis mudanças em todos os processos. Falhas nesta comunicação geram atrasos, perdas ou retrabalhos caso o projeto tenha revisões e não for comunicado com rapidez. A partir dos desenhos de fabricação serão definidos os projetos de montagem (RAAD JR, 1999).

Também podem ser caracterizados como projetos de fabricação aqueles que são especificados perfis a ser utilizado, as medidas, indicações de soldas, quantidade de furos, diâmetro, espaçamento, tipos de acabamento e demais detalhes específicos. Os desenhos são elaborados de acordo com as limitações métodos de fabricação de cada fabricante. O projeto estrutural e o detalhamento têm grande importância no custo final das estruturas (MBCEM, 1986).

Os desenhos de fabricação têm a função de orientar a fábrica com as informações técnicas contidas dos projetos de fabricação, elementos de composição da estrutura, materiais a serem utilizados e as suas especificações, além das indicações de solda, segundo NBR 8800:2008. Desta forma, o fabricante pode organizar a produção em um fluxo básico evitando gargalos e melhorando a competitividade da empresa.

O projeto de fabricação é caracterizado por: exercer um processo padronizado reunir nos desenhos informações necessárias para a fabricação da estrutura, essas informações precisam apresentar padronização, visando otimizar a execução do projeto. A capacitação dos funcionários visa proporcionar um melhor entendimento do projeto com a finalidade de obter ganho de tempo evitando possíveis erros na interpretação, o que acarretaria em perdas, gerando prejuízos (GUARNIER, 2009).

No detalhamento para fabricação, são definidos conjuntos de peças, em função do projeto de montagem. Com isso, o mais vantajoso é que saia montado de fábrica o máximo de peças possíveis, limitadas pelo transporte. É possível utilizar transporte especial para a estrutura, porém o custo acaba inviabilizando esse serviço (GUARNIER, 2009).

Definido o conjunto dá início o detalhamento de cada peça componente, ou seja, cada peça com todas suas informações, dimensões, cortes furos, arestas soldas, etc. Cada formato conterá apenas o detalhamento de uma peça, o chamado croqui de fabricação, que consiste em um desenho limpo, objetivo e preciso, apresentando as informações

necessárias para a fabricação da peça. O excesso de informação no desenho compromete a sua compreensão, podendo ocasionar erros e prejuízos com perda da peça. É importante citar a utilização padronizada de desenhos e símbolos em projeto, facilitando o entendimento e aumento da produtividade (GUARNIER, 2009).

A equipe técnica de detalhamento é composta por projetistas, desenhistas e o “verificador”, um profissional com ampla experiência na construção metálica, que verificará, detalhes, medidas, cotas, ângulo, furação, solda, quantidade, enfim todo o desenho a fim de encontrar possíveis erros que possam prejudicar a fabricação das peças. Essa verificação ocorre baseada nas normas brasileiras e na AISC, vigentes para as construções metálicas e também, de acordo com os procedimentos fornecidos pelo fabricante (GUARNIER, 2009).

Os desenhos de fabricação devem traduzir fielmente, para a fábrica, as informações contidas nos desenhos de projeto, dando informações completas para a produção de todos os elementos componentes da estrutura, incluindo materiais utilizados e suas especificações, locação, tipo e dimensão de todos os parafusos, soldas de fábrica e de campos (NBR 8800:2008, p11).

As ligações soldadas devem ser representadas de acordo com AW S 12.4. Devem ser indicadas no projeto de fabricação, as contra flechas de vigas e treliças.

De acordo com a NBR 10068/87 que padroniza as folhas aplicadas em todos os desenhos técnicos estabelece as seguintes dimensões expostas no Quadro 1. Para desenhos técnicos aplicados no Brasil, o padrão utilizado é o formato de série “A”.

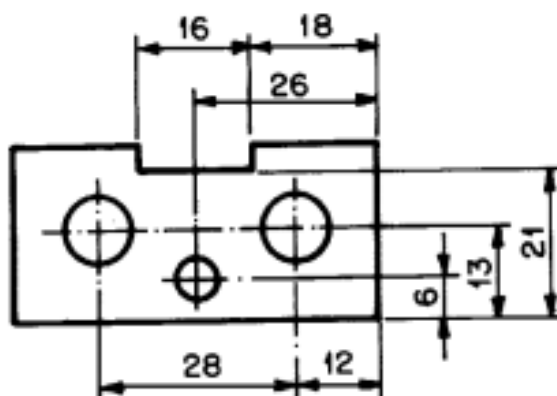
Quadro 1 – Dimensão padrão de folhas de desenhos.

Designação	Dimensões (mm)	Usado para
A0*	1189 x 841	Projeto da estrutura
A1*	841 x 594	Detalhamento
A2	594 x 420	Detalhamento
A3*	420 x 297	Croquis de fabricação
A4*	297 x 210	Croquis de fabricação
B1	1000 x 707	Detalhamento

Fonte: Haiwar e Weare (2002).

As cotas seguem os princípios gerais da NBR 10126/1987 – Cotagem em Desenho Técnico. As mesmas devem possuir setas cheias, tocando as linhas de referência. A linha de cotas deve ser fina e contínua, terminando no exato limite da dimensão cotada. O número ou símbolo referente à dimensão deve ser locado logo acima da linha de cota e centralizado. Podem ser paralelas à linha, arranjadas de forma que possam ser lidas ao fundo ou à direita do desenho. As dimensões são normalmente dadas em milímetros e arredondadas ao milímetro inteiro mais próximo. Conforme visualizamos na Figura 2.

Figura 2: Exemplo cotas.



Fonte: NBR 10126, 1987

2.5 Projeto de Montagem

O projeto de montagem é elaborado por quem detalha a estrutura (desenhos de fabricação). Todas as peças e conjuntos detalhados recebem uma codificação para rastreamento e orientar a montagem da estrutura. Segundo Bauermann (2002), o fabricante da estrutura é o principal responsável pelo projeto nas etapas envolvidas no processo de produção.

O projeto de montagem deve ser elaborado de maneira clara, com objetivo de facilitar a maneira que será montada no local da obra. Geralmente devem conter definição do sentido da montagem, elevações, detalhes, indicações de solda em obra, notas e recomendações sobre o procedimento de montagem (MBCEM, 1986).

As codificações das marcas de montagem são representadas no próprio desenho do projeto de montagem da estrutura. Essas informações têm como objetivo auxiliar a montagem da estrutura possibilitando agilidade e reduzindo erros. Com base nestas

informações serão tomadas as providências com o acesso externo e interno à obra, organização do canteiro, armazenamento das peças, definição dos equipamentos, execução das bases, locação dos chumbadores e tomadas de decisões nas prioridades de embarque (MBCEM, 1986).

Radd Jr (1999), afirma que no projeto de montagem, toda peça detalhada recebe uma marcação durante a fabricação onde a mesma servirá para identificação na montagem da estrutura.

Os projetos de fabricação são utilizados pelo montador, para acompanhamento do peso montado medições em geral e no caso de dúvidas ou erros na fabricação. As listas de parafusos, porcas e arruelas são emitidas contendo a quantidade, diâmetro, comprimento e tipologia, destinados à ligação principais e secundárias das peças (GUARNIER, 2009).

Os desenhos de montagem devem indicar as dimensões principais da estrutura, marcas das peças, dimensões das peças, elevações das bases de pilares, detalhes com dimensões de chumbadores, locação, tipo e dimensão dos parafusos, soldas de campo, posições de montagem e outras informações necessárias. Devem ser claramente indicados todos elementos permanentes ou temporários essenciais à integridade da estrutura parcialmente construída (NBR 8800:2008).

A montagem das estruturas metálicas se caracteriza pela rapidez, precisão, adaptabilidade e confiabilidade, na execução do projeto de montagem os critérios para obter sucesso são: economia de projeto, estabilidade, emendas, formas geométricas e contra flechas, juntas construtivas e de dilatação, pré-montagem, parafusagem e soldagem, tensão de montagem, manutenção, estocagem no canteiro de obras (MBCEM, 1986).

Para garantir a montagem no tempo previsto deverá ser elaborado um plano de montagem, baseado em experiências anteriores da própria empresa, garantindo segurança, eficiência e economia em curto prazo, segundo o (MBCEM,1986).

No içamento de treliças e vigas, devem ser verificados a estabilidade lateral, nos casos instáveis, deve ser reforçar os elementos, utilizando contraventos horizontais ou cabos de aço estaiados nas bases provisoriamente, permitindo o içamento da peça com maior segurança (MBCEM, 1986).

As emendas de campo são geralmente aparafusadas ou soldadas, é ideal efetuar o máximo possível as soldas em fábrica. As superfícies de contato devem estar isentas de carepa de laminação, rebarbas, protuberâncias, sujeiras ou qualquer outra matéria estranha que possa prejudicar o perfeito assentamento das partes (MBCEM, 1986).

Na execução de ligações soldadas deverá conter nos projetos de montagem as informações referentes aos detalhes de solda, a localização das conexões soldadas, ao tamanho e ao tipo de eletrodo, ao tipo de junta e dimensão do filete. Conexões específicas e soldagens em sequência pré-determinada devem ser indicadas ao montador (MBCEM, 1986).

3 MÉTODO DO TRABALHO

3.1 Descrição do objeto de estudo

O objetivo de estudo é uma empresa no ramo de estruturas metálicas, líder em soluções construtivas metálicas nos mais diversos tipos de empreendimentos. Com mais de 50 anos de atividade, atua em todo território nacional e em diversos países, possui mais de 500 funcionários. Tendo a finalidade de apresentar os procedimentos e diretrizes para realização do detalhamento de estruturas metálicas no setor de engenharia.

3.2 Procedimento metodológico

O universo da pesquisa é de estudo de caso, pois a metodologia foi aplicada em apenas uma empresa no ramo de estruturas metálicas.

Para que sejam desenvolvidos projetos completos e corretos, foi elaborado o passo a passo das principais etapas. Os procedimentos visam alcançar resultados satisfatórios com o detalhamento de todas as fases a serem implementadas nos próximos itens. Os projetos foram executados em programas computacionais do tipo CAD, e o *software* TECNOMETAL específico para estruturas metálicas.

Para atingir os objetivos propostos, a pesquisa bibliográfica foi realizada em fase preliminar, buscando informações relacionadas a detalhamento de projetos, visando um empreendimento que forneçam subsídios para demonstrar os procedimentos para gestores e partes interessadas no projeto.

A pesquisa se caracteriza como exploratória, baseada em um estudo analítico de informações registradas, submetendo à pesquisa bibliográfica.

Segundo o autor Gil (1991 apud Menezes; Silva, 2005), a pesquisa exploratória tem por objetivo a proximidade com o problema, visando facilitar seu entendimento. Neste contexto envolve pessoas da área com experiências práticas no estudo de caso, utilizando a forma de pesquisas bibliográficas.

O fluxograma também chamado de mapa de processos, está entre as ferramentas da qualidade básicas, citado no Guia PMBOK (2017). Os fluxogramas mostram a sequências

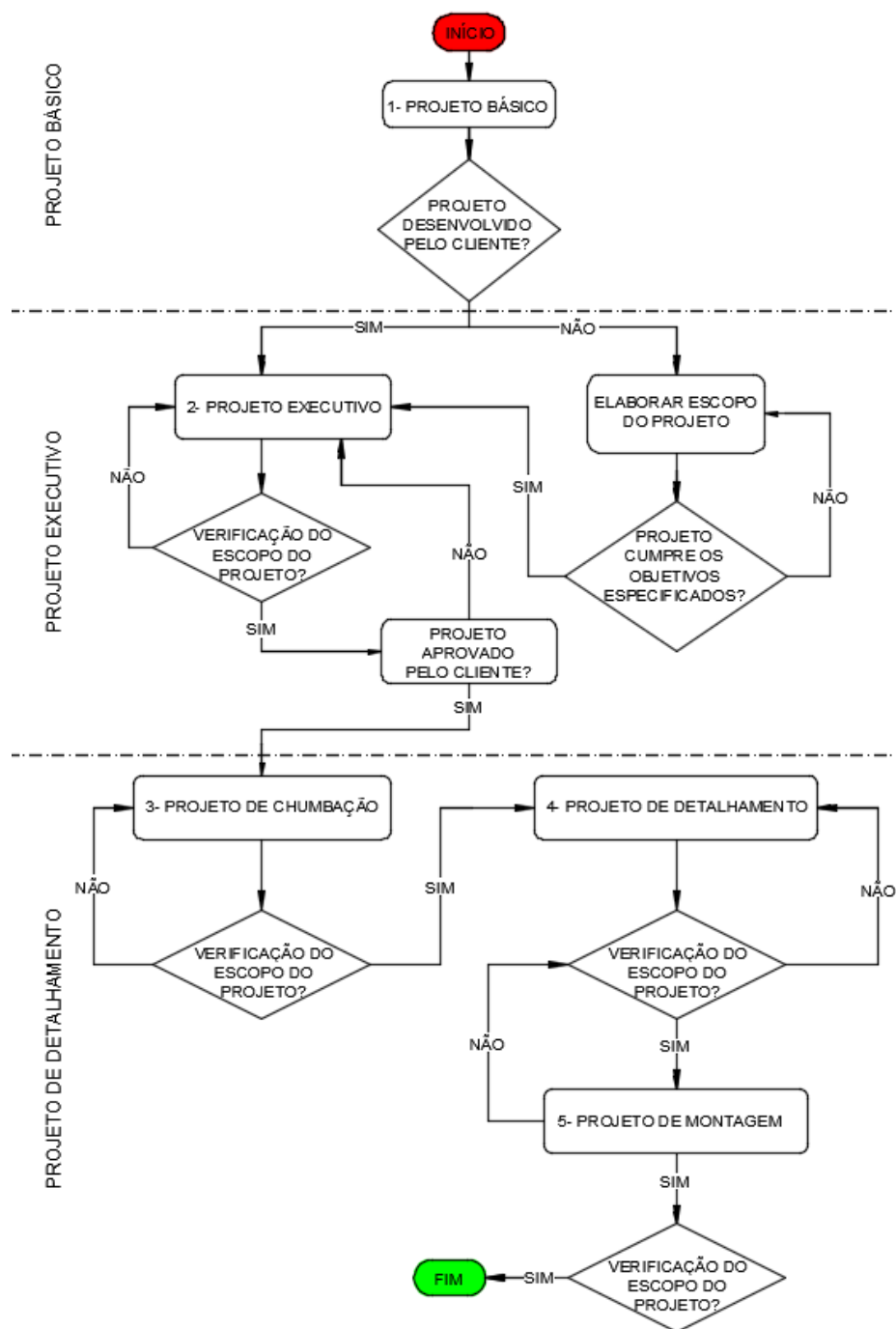
das fases dos processos indicando entradas e saídas. São responsáveis por representar as atividades, pontos de decisão e a ordem geral de processamento.

A empresa pesquisada não atribui as descrições da mesma maneira descrita no manual ABECE (op. cit.), adotando as atividades em 5 etapas principais, previamente determinadas a fim de atender objetivos estratégicos da organização do projeto:

- 1- Projeto básico;
- 2- Projeto executivo;
- 3- Projeto de chumbação;
- 4- Projeto de detalhamento;
- 5- Projeto de montagem.

A Figura 3 apresenta o macro fluxograma do processo de projeto referente a execução das etapas do método do trabalho e as atividades principais, em 5 etapas fundamentais, previamente determinadas a fim de atender aos objetivos estratégicos da organização do projeto.

Figura 3: Macro fluxograma do processo.



Fonte: Autor (2020).

A Figura 3 demonstra uma visão geral das etapas desenvolvidas do projeto de estruturas metálicas, as mesmas seguem conforme a ordem em que são realizadas.

3.2.1 Projeto básico

O projeto básico apresenta a concepção da estrutura metálica, incluindo as informações técnicas, sendo que as mesmas podem não estar completas ou definidas. Visando a venda do projeto ao cliente, visto que o mesmo é consultado pela área comercial.

Nessa etapa é importante esclarecer a utilização do sistema construtivo metálico, para isso, a participação de projetistas na escolha, qual a influência durante a elaboração dos projetos. A interface com os demais sistemas industrializados se torna muito importante, afim de atender os critérios e necessidade do cliente.

O prazo para idealizar os projetos básicos é restrito, sendo assim os projetos básicos não possuem muitos detalhes e definições. A modulação da obra é representada por eixos principais numéricos no sentido dos pórticos e alfabéticos longitudinais à obra, afim de orientar a locação.

Com as informações recebidas pela empresa contratante o setor de cálculo elabora o pré-dimensionamento da estrutura metálica, com informações básicas, alturas das vigas e largura dos pilares, as ligações não são consideradas nesta fase.

No desenvolvimento completo da estrutura metálica são emitidos arquivos por parte do cliente com informações de outras disciplinas (projeto arquitetônico, sistemas hidráulicos, sistemas elétricos, locações de equipamentos, cargas, etc.) que são chamados pré-projetos.

Na elaboração do projeto devem ser representados em corte o tipo de estrutura principal, sendo composta por vigas de cobertura (viga em perfil “I” de alma cheia ou viga treliçada), pilares (de concreto ou metálicos será avaliado o tipo escolhido). O corte deve ser produzido de acordo com as informações solicitadas, informando vãos intermediários, pé direito livre, inclinação da cobertura e altura total da cumeeira.

No corte da estrutura secundária de cobertura, são apresentados os perfis dobrado do tipo “C” ou do tipo “Z”, e no sistema de cobertura espacial treliçada. O sistema de fechamento também deve ser representado no corte, podendo ser metálico adotando o sistema similar com perfis dobrados ou demais sistemas de vedação.

Na elaboração da planta baixa, deve constar a locação das vigas, pilares e contraventos, após estabelecido o layout definimos a divisão das etapas de forma a obter melhor produtividade.

3.2.2 Projeto executivo

O projeto executivo ou projeto de aprovação tem por finalidade descrever o produto vendido, sendo enviado para análise ao cliente para aprovação formal, de modo a dar continuidade ao projeto executivo. As pranchas do projeto de aprovação podem ser revisadas e reenviadas ao cliente, sempre que uma alteração se fizer necessária.

No início do processo deve ser organizado as pastas da obra com os documentos e informações recebidas pelo cliente, seguindo as seções discriminadas abaixo:

Seção 01 – *Check list*

Check list da obra;

Seção 02 – Documentos

Planilha de orçamento;

Cronograma físico;

Atas de reunião;

Solicitação de extra contratual;

Documentos de alteração e ou inclusão de dados novos.

Seção 03 – Aprovação de Projeto

Todos os documentos referentes à aprovação de projetos.

Seção 04 – Documentos enviados e recebidos

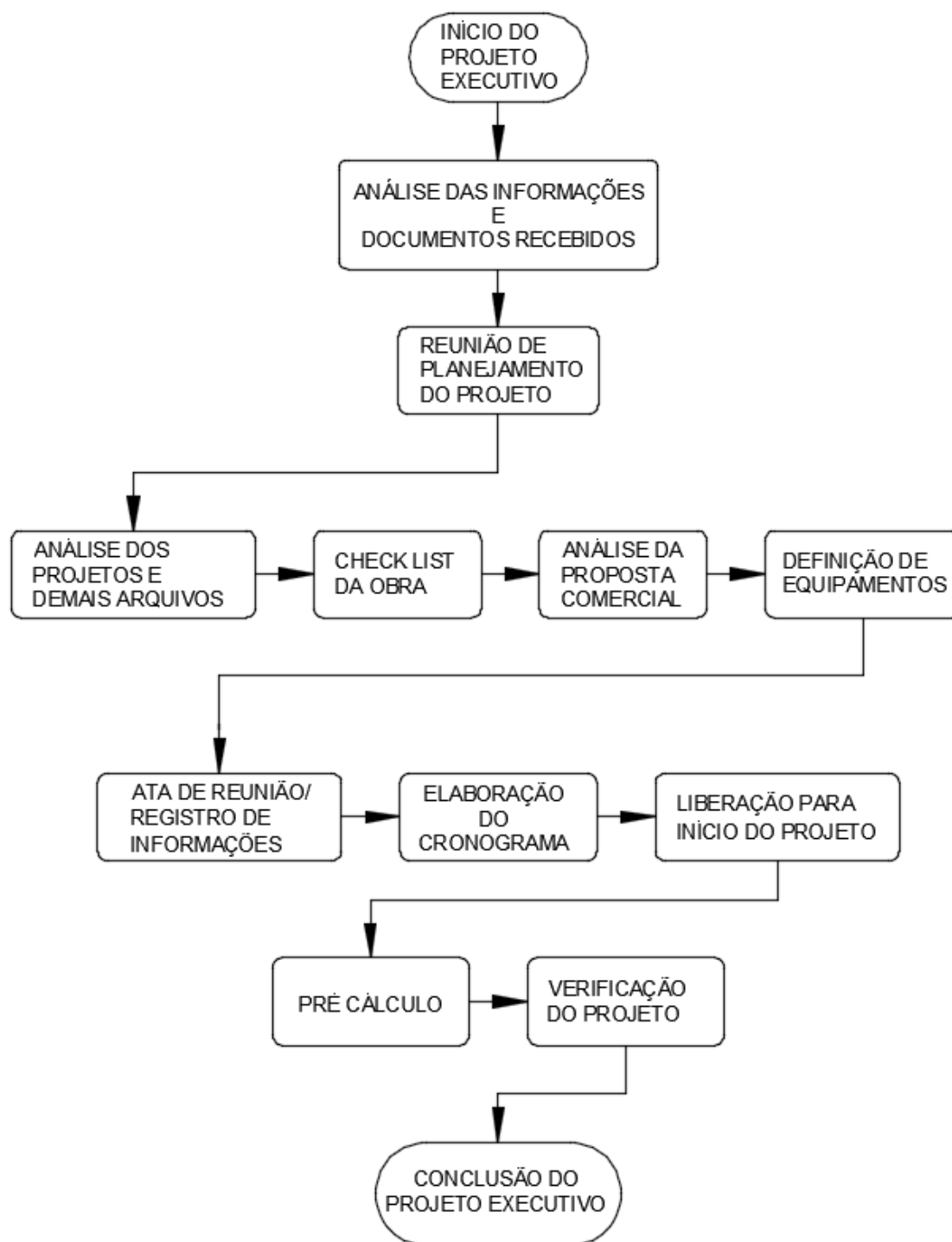
E-mails, protocolos e atas de reuniões.

Seção 05 – Memória de cálculo

Documentos referentes à memória de cálculo.

O fluxograma apresenta o processo do projeto executivo, como podemos verificar na Figura 4.

Figura 4: Fluxograma do projeto executivo.



Fonte: Autor (2020).

As informações e documentos recebidos são analisados na reunião de planejamento, afim de padronizar o processo de padronizar o processo com o uso do checklist pré-

planejado. A proposta comercial tem a função de validar o escopo do projeto e assim submeter a escolha apropriada dos equipamentos da obra.

A ata de reunião é um documento para registrar as discussões pertinentes a obra, sendo utilizada para registros, trocas de informações e os pontos indefinidos durante a reunião posteriormente serão resolvidos seguindo a data informado em ata. O cronograma deve ser elaborado afim de planejar, monitorar e atualizar a sequência das atividades.

A liberação para o início do projeto é marcada com reuniões entre alguns integrantes da equipe de projeto, podendo estar presente o gerente do projeto, calculista e responsável pela fábrica, afim de identificar e resolver possíveis divergências.

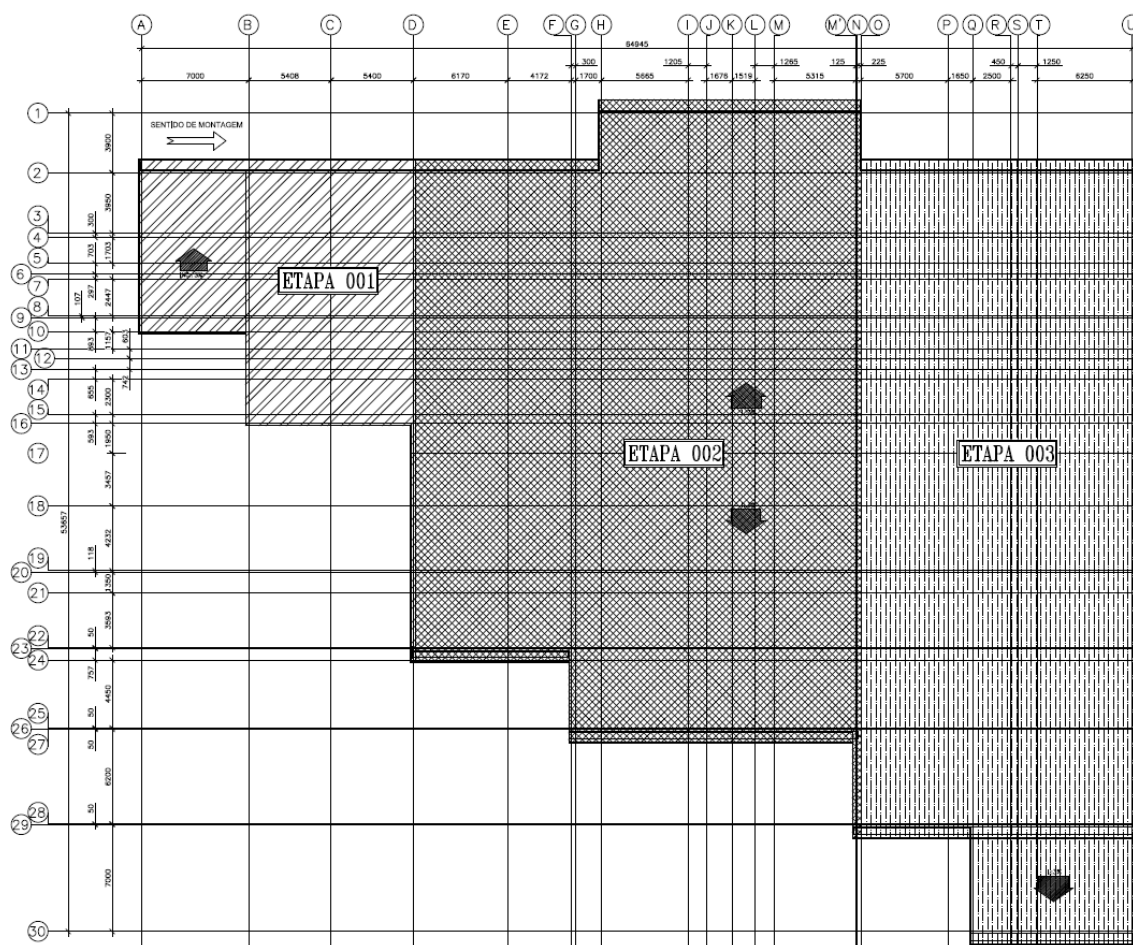
No memorial de cálculo recebido do calculista é validado o dimensionamento de todas as peças principais, secundárias, travamentos e demais peças que compõem a estrutura. Faz se necessário verificar se possui todas as peças da estrutura, detalhes das ligações e analisar as possíveis padronizações no cálculo para agilizar os demais processos.

A verificação do projeto é realizada com relação aos documentos de entrada, garantindo a compatibilização dos projetos e informações, a falta de informações ou interferências devem ser sinalizadas no projeto afim de garantir que a saída dos projetos seja completa.

Após realizada análise geral dos perfis, compara-se o peso orçado em relação ao peso estimado de cálculo. Em caso de divergência deverão ser repassadas ao cliente.

Para aprovação do projeto devem constar o layout da obra com eixos demarcados, para cada etapa, representados com hachuras, demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Layout das etapas.



Fonte: Autor (2020).

As especificações técnicas devem conter o máximo de informações para descrever a obra, para que no momento da aprovação por parte do cliente não existam dúvidas e o projeto executivo possa prosseguir, de modo a cumprir o cronograma.

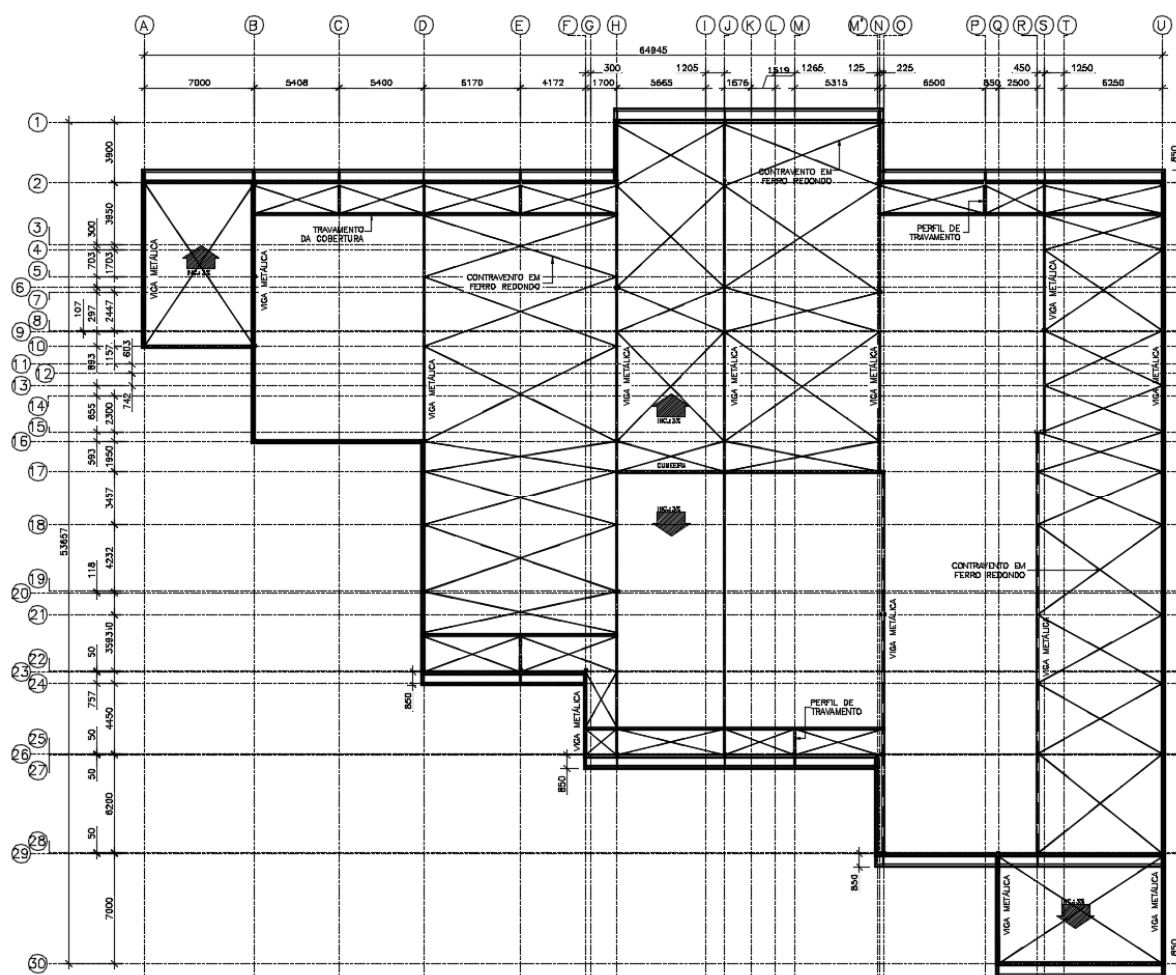
3.2.3 Prancha: elevação dos eixos

Para iniciar o processo foi necessário a elaboração do corte da obra, também conhecido por elevação dos eixos. É importante para evitar interferências com as demais interfaces além de ter informações completas. Na elaboração do projeto devem ser representados em corte o tipo de estrutura principal, sendo composta por vigas de cobertura (viga em perfil “I” de alma cheia ou viga treliçada), pilares (de concreto ou metálicos será avaliado o tipo escolhido). O corte deve ser produzido de acordo com as informações solicitadas,

3.2.4 Prancha: vista superior estrutura principal

Após a elaboração dos cortes dá-se início à vista superior da estrutura, com a locação dos pilares, vigas principais, vigas de transição (quando houver), vigas de marquise e anexos (quando houver), cotas entre eixos e cotas totais, indicação do sentido de montagem, indicação da inclinação da cobertura, indicação das juntas de dilatação (quando houver) e indicar futura ampliação (quando houver). A Figura 7, apresenta a vista superior da estrutura principal.

Figura 7: Vista superior da estrutura principal.

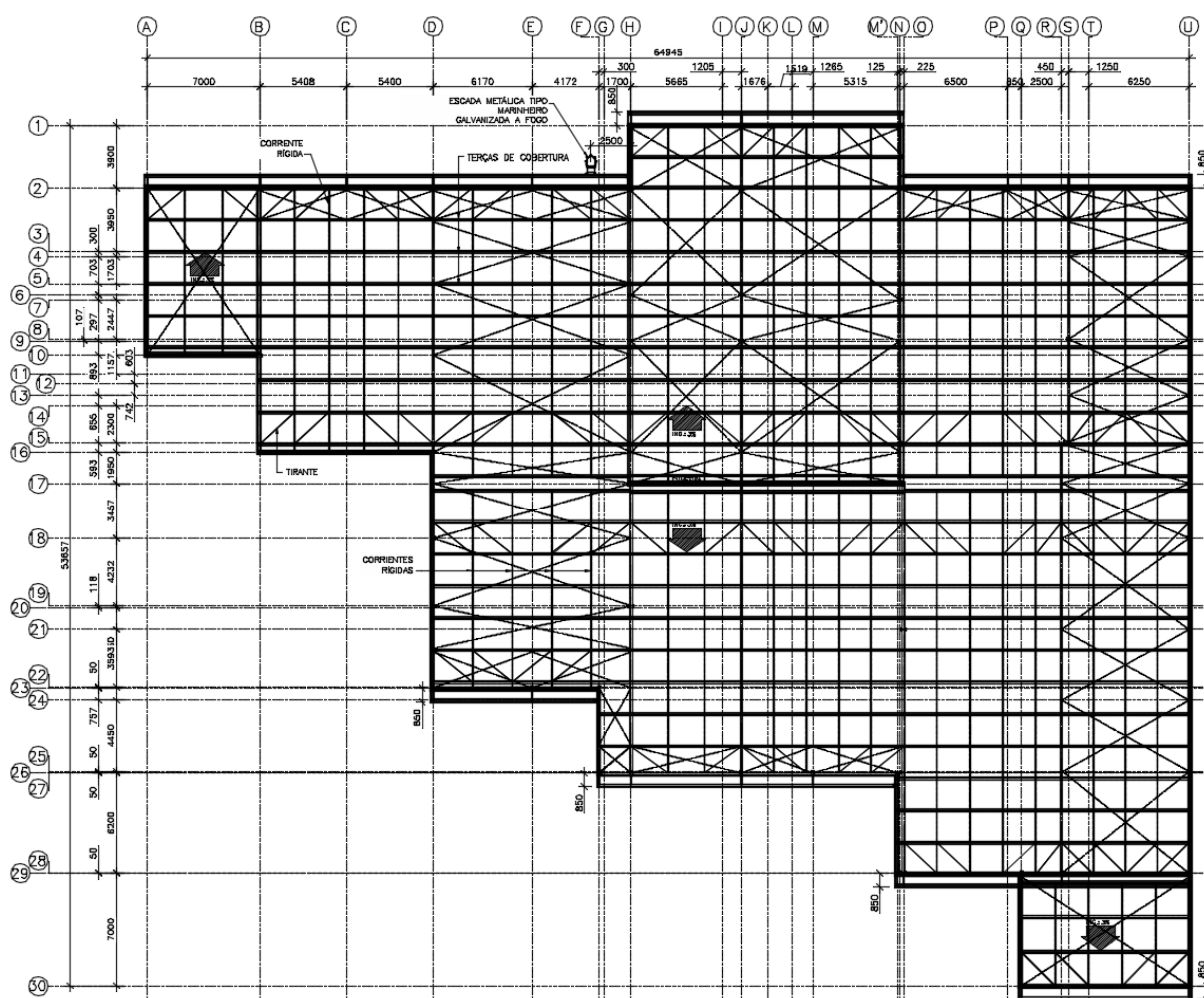


Fonte: Autor (2020).

3.2.5 Prancha: vista superior estrutura secundária em terça

Também é comum desenvolver na planta baixa da estrutura secundária de cobertura, são apresentados os perfis dobrados do tipo “Z”, nesse projeto é possível locar as terças de cobertura, correntes rígidas, tirantes, contraventos (em linha tracejada), aberturas na cobertura (quando houver) e a locação da escada de marinheiro para acesso à cobertura, conforme exemplo na Figura 8.

Figura 8: Vista superior da estrutura secundária em terça.

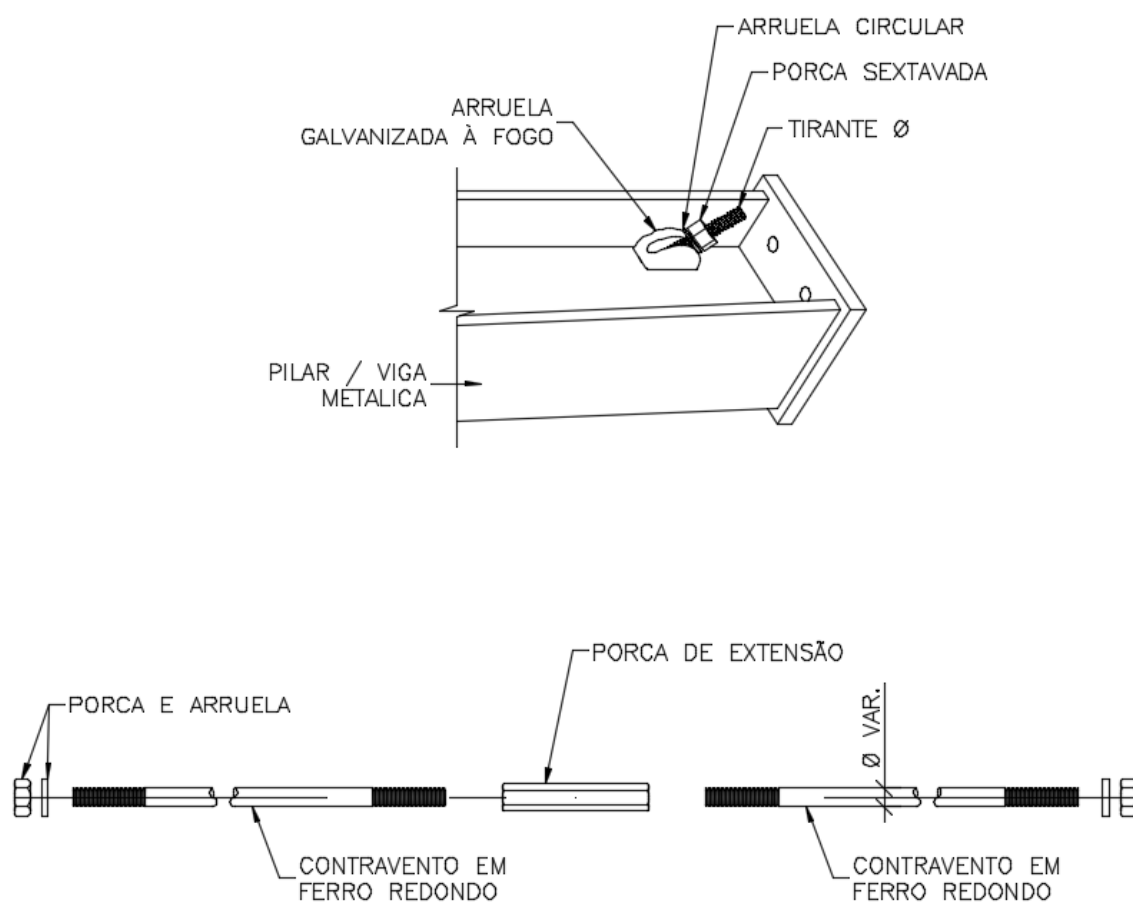


Fonte: Autor (2020).

3.2.6 Detalhes: estrutura principal e secundária

Tendo em vista, que os detalhes construtivos devem ser elaborados com todas as informações, afim de entender como será a execução da estrutura, na Figura 9 podemos visualizar o detalhe de instalação e emenda dos contraventos.

Figura 9: Detalhes típicos dos contraventos.



Fonte: Autor (2020).

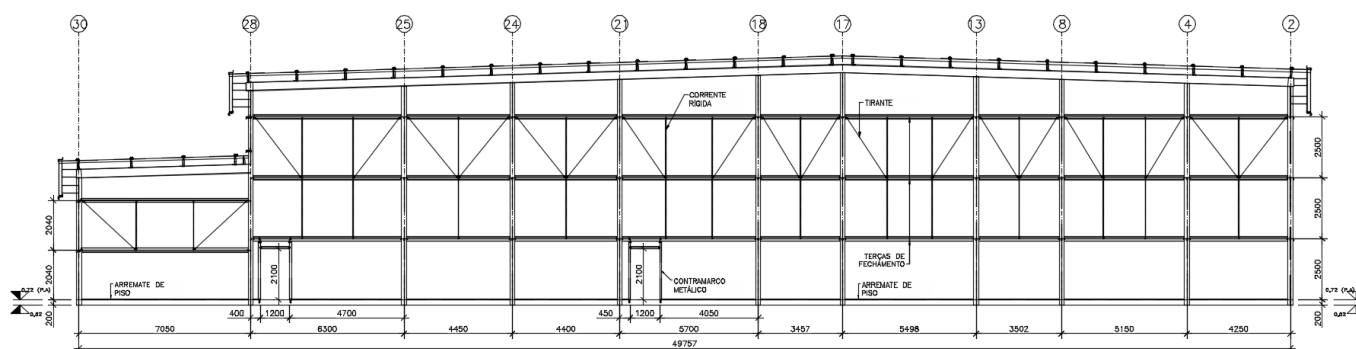
Na Figura 10 pode se observar o detalhe construtivo das correntes rígidas e tirantes.

3.2.8 Elevação dos fechamentos

Ao iniciar os projetos do fechamento recomenda-se usar como base a elevação dos pórticos, as terças de fechamento têm a finalidade de suportar as telhas de fechamento. A modulação das terças deve estar compatível as aberturas, podendo ser portas ou janelas. A estrutura de contorno de portas e janelas são geralmente em perfil “C”.

A locação das aberturas devem ser compatível em relação a locação dos contraventos, caso houver interferências deverá consultar o calculista e o responsável do projeto. A Figura 13 ilustra o fechamento no oitão da obra, essa obra em questão possui platibanda.

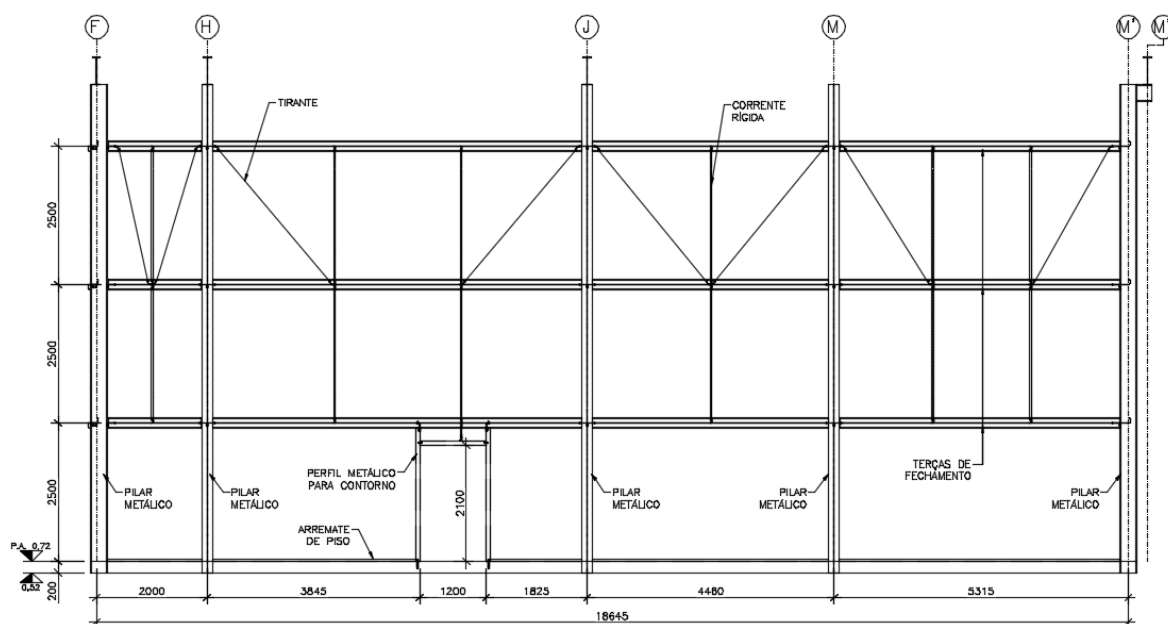
Figura 13: Elevação frontal do fechamento.



Fonte: Autor (2020).

Na Figura 14 está representado a estrutura do fechamento e a locação da abertura.

Figura 14: Elevação lateral do fechamento.

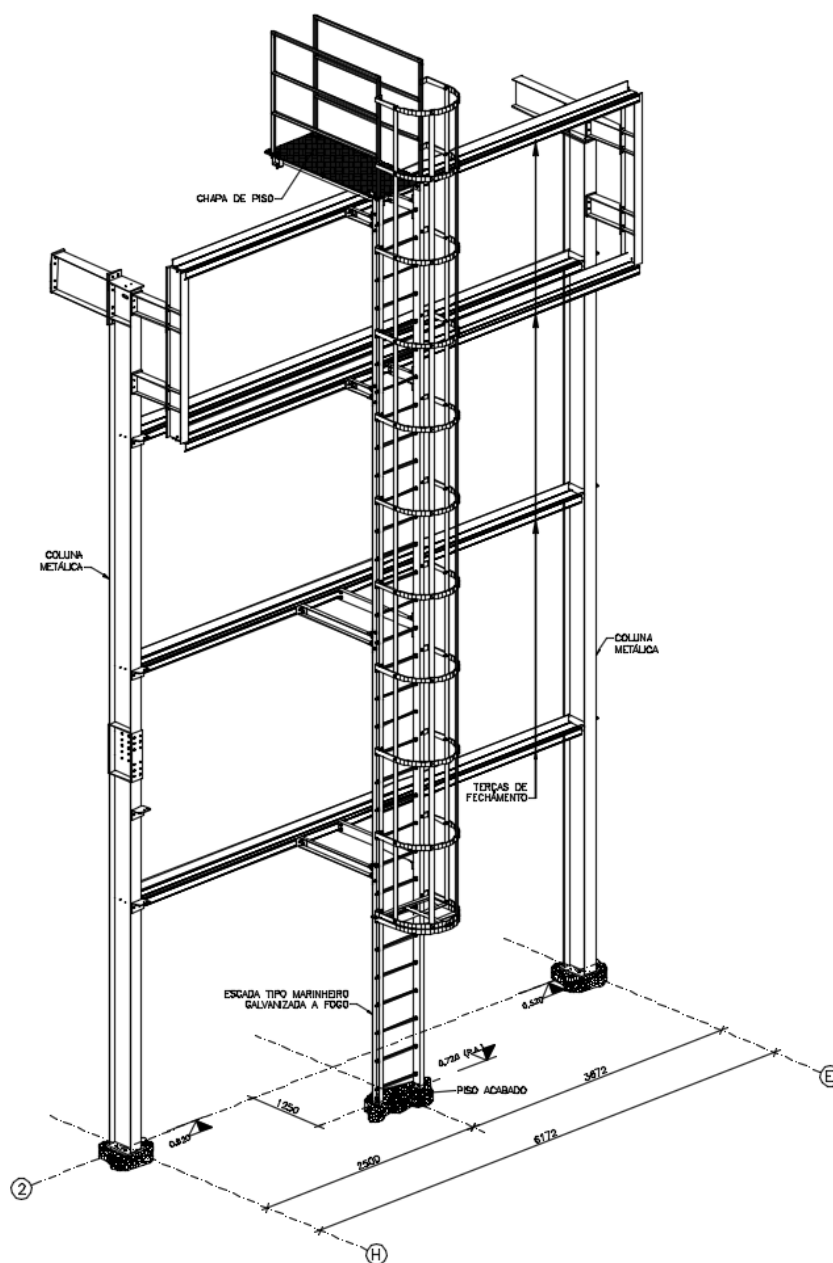


Fonte: Autor (2020).

3.2.9 Escada marinheiro

A escada marinheiro é posicionada conforme solicitação do cliente, evitando interferências com o projeto, também deve ser verificada a altura máxima para lance da escada e criação de patamar de descanso caso houver mais de 9 metros, distância mínima da obra, fixação no piso inferior (chumbação mecânica ou química), fixação lateral da escada (alvenaria ou terças metálicas) e o sistema de fixação na cobertura. Ver Figura 15.

Figura 15: Perspectiva escada marinheiro.



Fonte: Autor (2020).

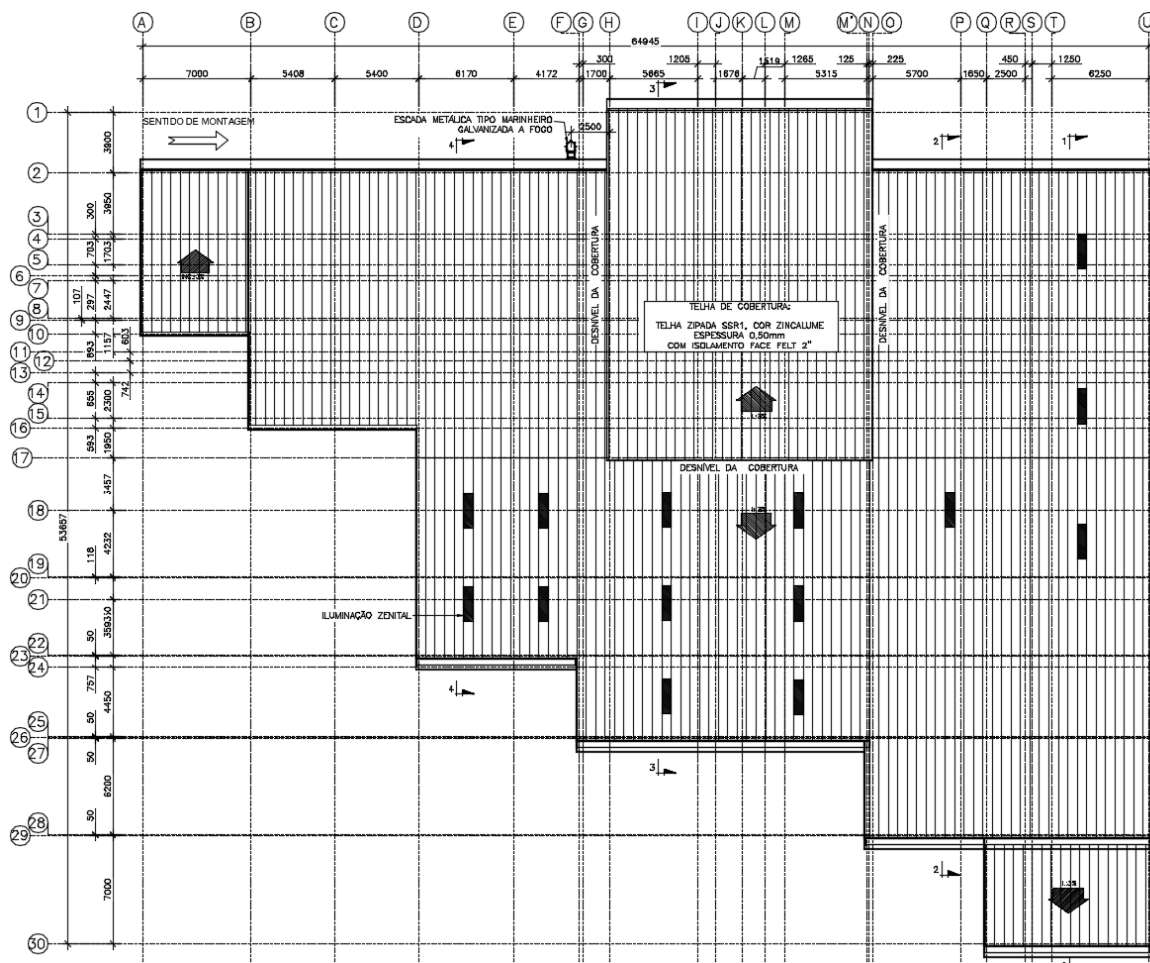
3.2.10 Locação das telhas de cobertura e fechamento

O projeto das telhas de cobertura é elaborado considerando as elevações dos pórticos que contemplam a locação das terças, para posicionamento da iluminação zenital deve-se verificar as interferências com vigas, e produtos que não possam ficar expostos em iluminação natural.

No projeto são indicadas todas informações dos itens vendidos na proposta comercial, como: o tipo de telha que será utilizado, especificações de cores, espessura da telha, se terá isolamento térmico, arremates de cobertura, sistema de ventilação natural, sistema de iluminação natural (telhas translúcidas), aplicação de carga na cobertura entre outros.

As telhas possuem diversos modelos, as mais utilizadas são os tipos de telhas zipadas e trapezoidais, podendo variar espessura e cortes, os arremates, rufos, pingadeiras são definidos pelo tipo da telha. O sentido de montagem deverá ser indicado afim de orientar a sequência da montagem, em panos de cobertura contínuos e maiores de 90 metros deverá prever junta de dilatação térmica, conforme exemplo na Figura 16.

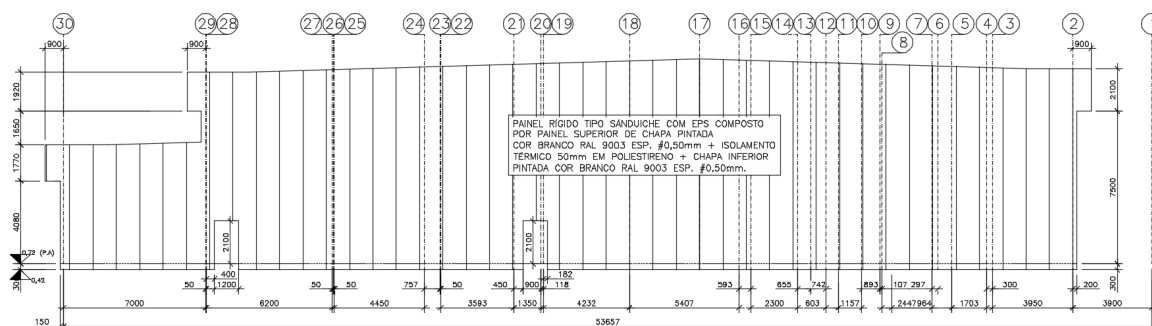
Figura 16: Localização das telhas de cobertura.



Fonte: Autor (2020).

No caso das telhas de fechamento, apresentam aberturas, conforme podemos visualizar na Figura 17.

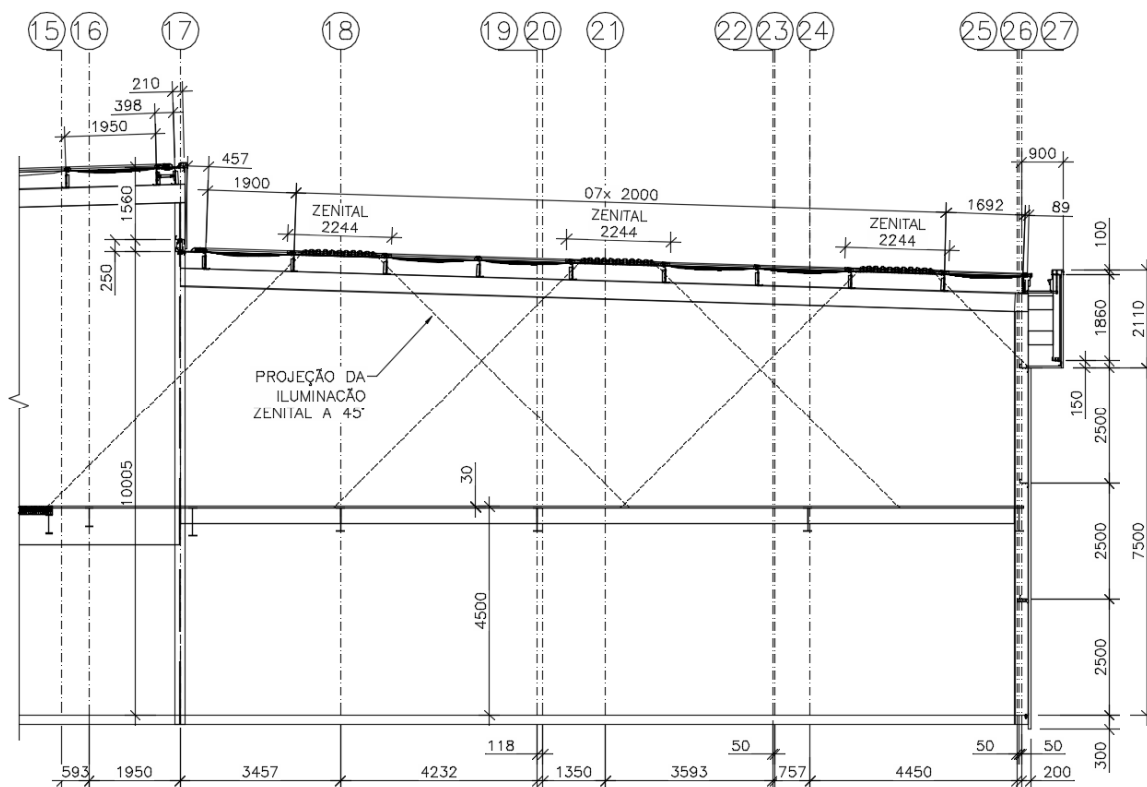
Figura 17: Localização das telhas de fechamento.



Fonte: Autor (2020).

Uma opção para iluminação natural pode ser a utilização de zenitais, que são telhas translúcidas, na Figura 18 podemos visualizar a iluminação interna da obra.

Figura 18: Elevação do zenital.



Fonte: Autor (2020).

3.2.11 Locação de calhas e condutores pluviais

Na Figura 19, observa-se a posição das calhas e as locações das descidas pluviais. O projeto representa o sentido de caimento da calha e quantidade de dutos. Visando garantir a funcionalidade e durabilidade do sistema de estanqueidade.

As calhas devem ser montadas com inclinação mínima de 0,5%. O dimensionamento das calhas deve ser correspondente à maior área de contribuição da cobertura.

O dimensionamento dos condutores verticais é determinado pela intensidade pluviométrica com base de dados pluviométricos locais.

Tabela 1: Check list de verificação do projeto executivo.

Check list	Verificação
Estrutura principal	
Níveis	
Pé-direito livre	
Altura até a cumeeira	
Distância entre eixos	
Dimensão dos beirais	
Altura inicial do fechamento	
Sentido de montagem	
Indicação de futura ampliação	
Locação e detalhes da estrutura principal	
Locação e detalhes dos contraventos	
Checar medidas finais das alvenarias.	
Verificar metragem orçado x projetado x previsão de chapa	
Estrutura secundária de cobertura e fechamento	
Locação e dimensão das aberturas	
Locação dos tirantes e correntes rígidas	
Locação e detalhes da estrutura secundária	
Especificação das telhas	
Especificação do isolamento	
Especificação dos arremates	
Detalhe da pingadeira do fechamento	
Detalhe do arremate de canto	
Detalhe do arremate de abertura	
Detalhe das venezianas	
Verificar metragem orçado x projetado x previsão de chapa	
Verificar altura mínima e máxima da parede ou platibanda em relação a cobertura para definição da altura do rufo de parede.	
Roof Curbs: lançar na vista superior e corte, verificando interferências com estrutura. Indicar quantitativos e dimensões.	
Verificar se existem terças maiores que 12m, se foi orçado frete especial.	
ESCADA MARINHEIRO	
Verificar altura entre pisos, locação de patamres, apoios da escada e sistema de fixação	
Verificar distância mínima de afastamento entre a parede, altura máxima para criar patamar de descanso	
Check list	Verificação
Telhas, calhas e arremates (sistema de vedação)	
Locação das telhas, zenitais e lanternin	
Locação descidas de A.P.	
Especificação das telhas	
Especificação do isolamento	
Especificação dos arremates	
Locação e detalhes da linha de vida	

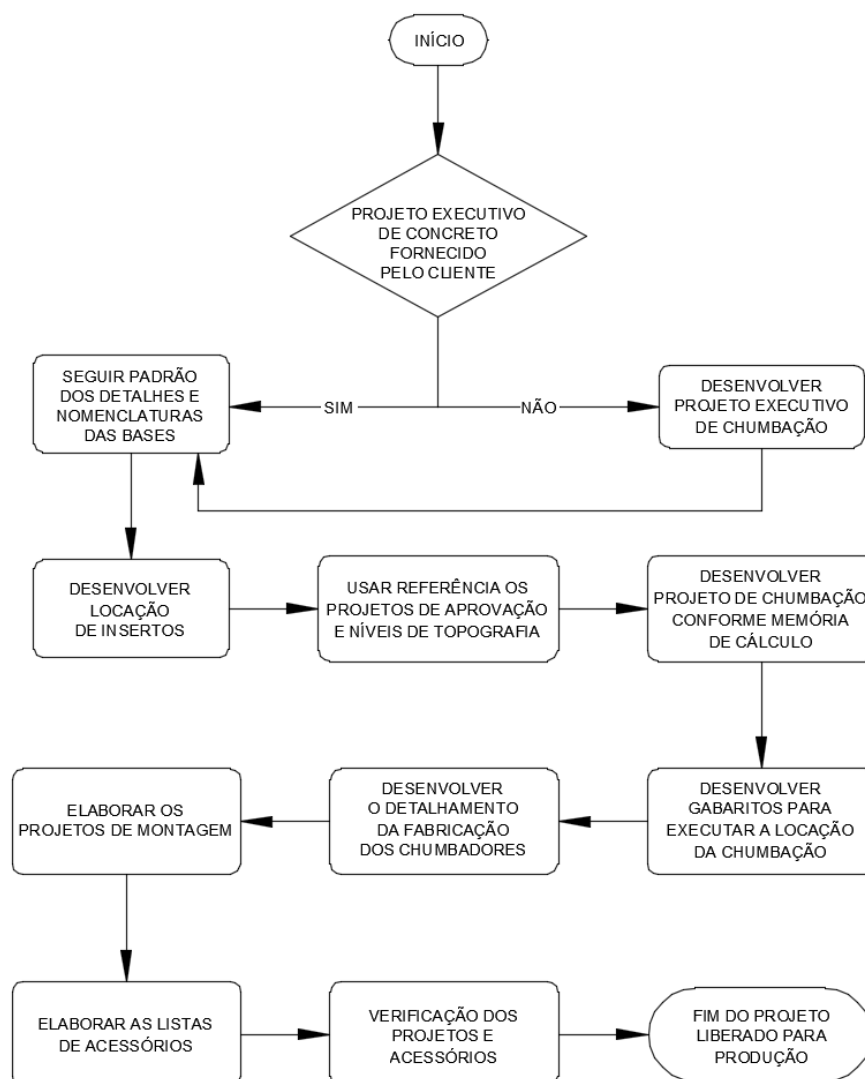
Detalhes das calhas, dutos e caixa de coleta	
Verificar comprimentos máximos das calhas (06m)	
Verificar tipos de tampas para cada situação da calha	
Verificar se a base da calha é compatível com o bocal da caixa de coleta.	
Fazer planta baixa com o lançamento das calhas e dutos.	
Para calhas internas, verificar se há espaço suficiente no corte para inclinação das mesmas.	
Utilizar porcas e arruelas galvanizadas à fogo nos pendurais/ suportes.	
Para lançamento da Iluminação Zenital, verificar interferências (vigas, palets, etc)	
Indicar locação e detalhes de junta de dilatação (se houver).	
Detalhes do oitão, cumeeira, lanternin e tampa	
Detalhe da pingadeira do fechamento	
Detalhe do arremate de canto	
Detalhe do arremate de abertura	
Indicação de cargas	
Verificar metragem orçado x projetado x previsão de chapa	
Steel Deck	
Espessura final da laje	
Especificação e detalhes do deck	
Locação dos stud bolts	
Indicação de cargas	
Verificar metragem orçado x projetado x previsão de chapa	
Cor dos arremates de contorno	
Dimensão dos Stud Bolts (verificar com cálculo).	
Locação juntas de dilatação (conferir com cálculo)	
Vão livres máximos com relação à carga	
Detalhes construtivos.	
Itens gerais	
Divergência entre escalas e cotas	
Divergência entre projeto e cálculo	
Divergência entre vistas e rebatimentos	
Divergência no preenchimento do selo	

Fonte: Autor (2020).

3.2.13 Projeto de chumbação

O projeto de chumbação é prioritário para iniciar a obra, os chumbadores devem ser produzidos primeiro, afim de possibilitar a conclusão das fundações, para iniciar a montagem da estrutura metálica. A Figura 20 apresenta o fluxograma do processo de chumbação.

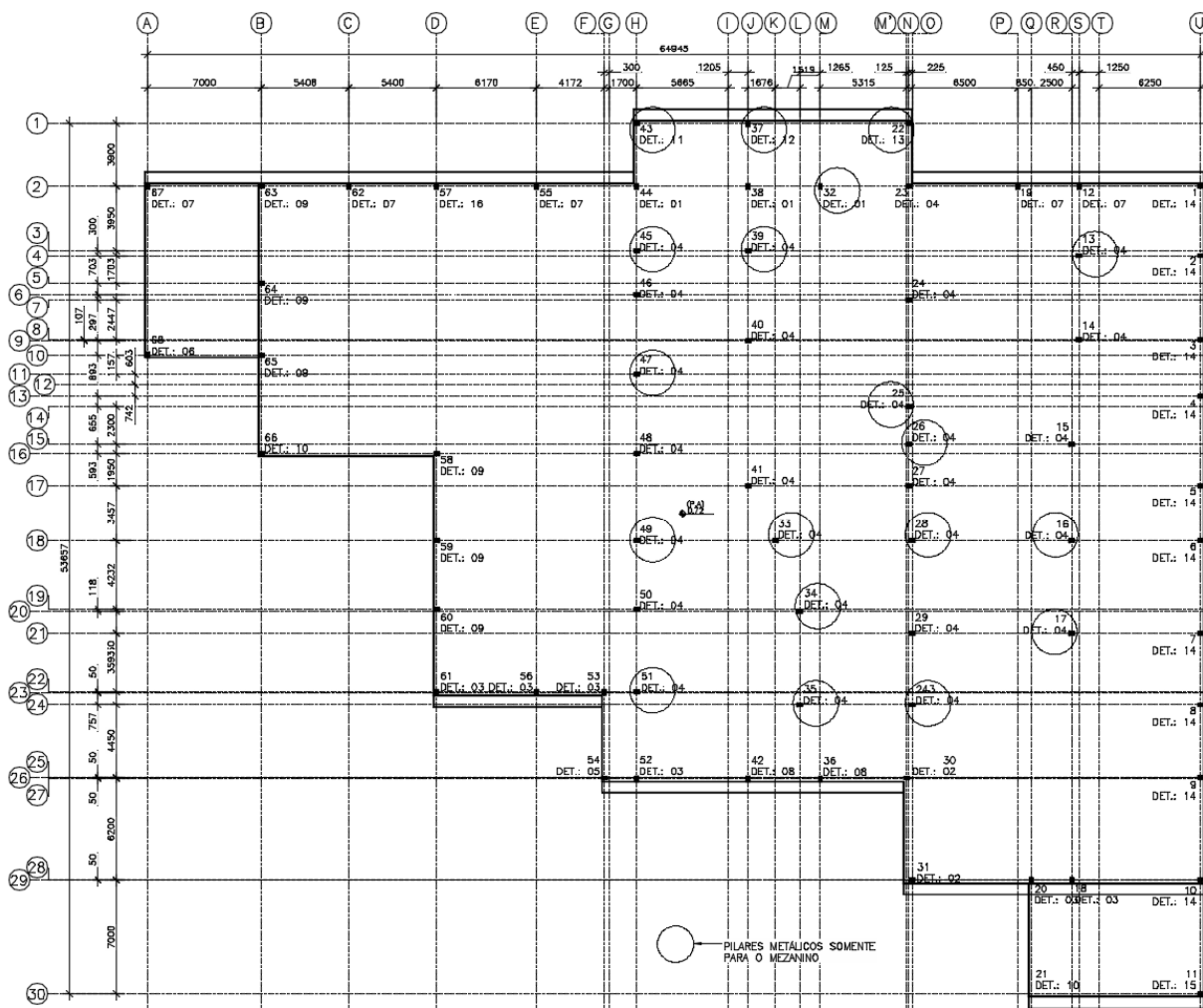
Figura 20: Fluxograma projeto de chumbação.



Fonte: Autor (2020).

O início do processo é orientado pelo projeto executivo fornecido pelo cliente, neste contexto caso o cliente não possuir o projeto de chumbação o mesmo deve ser feito em função das necessidades da obra, seguindo os padrões de nomenclatura. Na planta de chumbação é realizada a locação com a nomenclatura das bases, em obras com pilares metálicos os chumbadores são posicionados nas bases e no caso de pilares de concreto os chumbadores são posicionados no topo dos pilares de concreto, conforme exemplo na Figura 21.

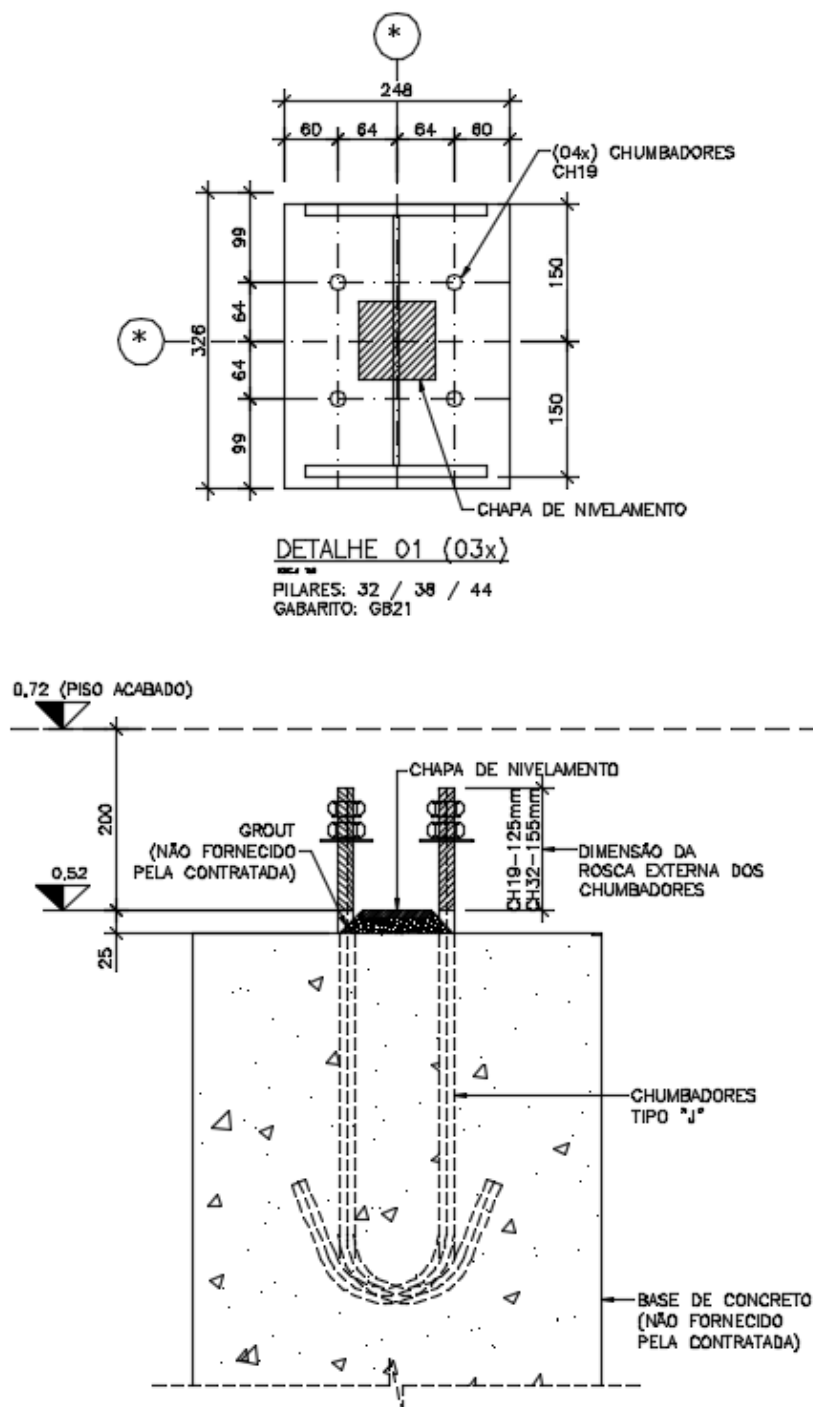
Figura 21: Planta de locação das bases de pilares.



Fonte: Autor (2020).

Após finalizar a planta de locação são elaborados os detalhes, com a finalidade de informar as características do sistema de fixação. O uso do gabarito é responsável pelo suporte e alinhamento dos chumbadores no momento da concretagem, após a cura do concreto os gabaritos são removidos. Para ajustar os níveis do concreto, são utilizados grout e chapa de nivelamento. Abaixo na Figura 22, apresenta como exemplo a fundação de concreto para receber os pilares de concreto.

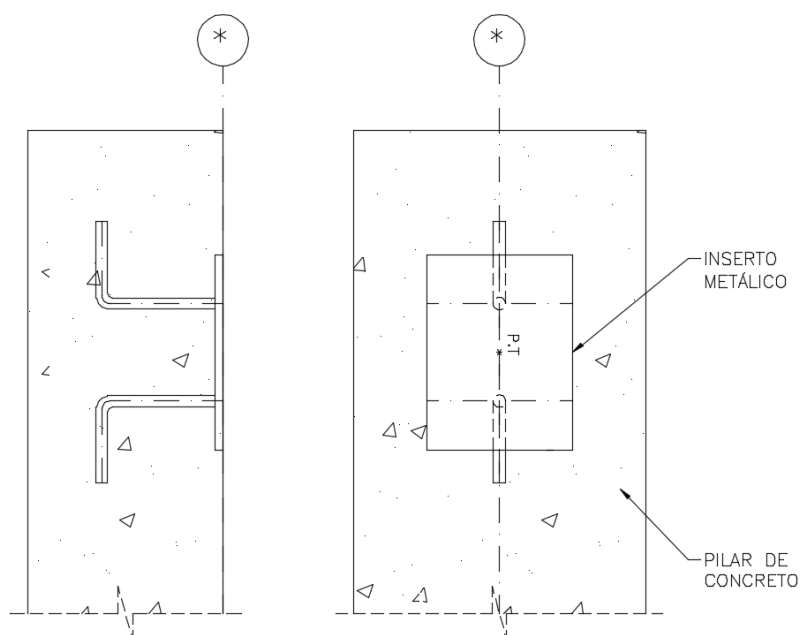
Figura 22: Detalhe típico de chumbação para base pilar metálico.



Fonte: Autor (2020).

O sistema de chumbação, pode apresentar o sistema de fixação por insertos, que tem finalidade transferir e fixar esforços de uma estrutura metálica para uma estrutura de concreto. São formados por uma placa metálica com barras redondas para ancoragem do inserto, como exemplo na Figura 23.

Figura 23: Detalhe típico de chumbação tipo inserto.



Fonte: Autor (2020).

Na elaboração dos detalhes é necessário padronizar as bases rotuladas e engastadas visando eliminar a variação das distâncias entre os chumbadores e bordas de chapas. Também com objetivo de definir as quantidades e distribuições, com isso é possível utilizar gabaritos padronizados. Ao concluir o projeto de chumbação e os detalhes, realiza-se a verificação utilizando o *check list*, representado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2: *Check list* do projeto de chumbação.

Check list	Verificação
Planta de chumbação com identificação dos detalhes	
Indicação de chumbador, chapa de nivelamento e gabarito utilizado abaixo de cada detalhe	
Detalhes de insertos	
Desenho na prancha de detalhe dos chumbadores utilizados	
Indicar claramente o nível superior da chapa de nivelamento	
Compatibilizar o projeto de chumbação com o projeto de concreto fornecido pelo cliente	
Compatibilizar níveis com projeto de topografia atualizado	
Verificar interferências de insertos e chumbadores	
quantidade de gabarito por bases	
Outros	

Fonte: Autor (2020).

3.2.14 Projeto de detalhamento

O projeto de detalhamento só tem início após análise e aprovação do cliente, caso possuir alterações, deverá atender os comentários e a empresa enviar novamente para avaliação do cliente. Com aprovação do projeto formalizada é liberado o início das atividades.

O ciclo de vida do processo de detalhamento deve iniciar com o desenvolvimento do cronograma, afim de identificar e gerenciar as prioridades para a sequência das atividades, estimar os recursos necessário para realizar o trabalho, redução de custos, possibilitar a execução da fabricação e montagem dentro do prazo definido.

A partir da análise são verificadas as informações atualizadas com relação alguma correção de interfaces, que sejam necessárias compatibilizar o projeto metálico com as demais especialidades técnicas.

Nessa fase são elaborados memoriais finais de cálculo e detalhes de todas as ligações. Também são desenvolvidas listas completas de materiais, parafusos, chumbadores e a planilha de orçamento para acompanhamento do peso. O cálculo 2 é uma preparação para o projeto de fabricação, por isso devem ser analisadas as possíveis padronizações dos perfis antes do desenvolvimento dos projetos.

No desenvolvimento dos desenhos em CAD é possível modelar a estrutura em 3D, são utilizadas as ferramentas computacionais que auxiliam na elaboração dos desenhos, visualização das interferências e agilidade nas possíveis revisões. O projeto pode ser exportado para compatibilização de outras disciplinas, além de servir para elaboração dos desenhos de montagem. Nessa fase é muito importante o projetista ter conhecimento da execução do sistema de montagem das peças, afim de evitar retrabalhos em obra.

Na fase seguinte, são elaborados os desenhos de fabricação da estrutura, são eles que definem todas as peças que compõem a estrutura, todos os detalhes de encaixe e ligações, os quais determinam todas as operações necessárias para fabricação. Nessa etapa o departamento de planejamento e controle da produção é responsável em programar as peças em função das máquinas, com base nos desenhos e nas listas de materiais. A estratégica de logística também é dimensionada a partir dos desenhos de fabricação.

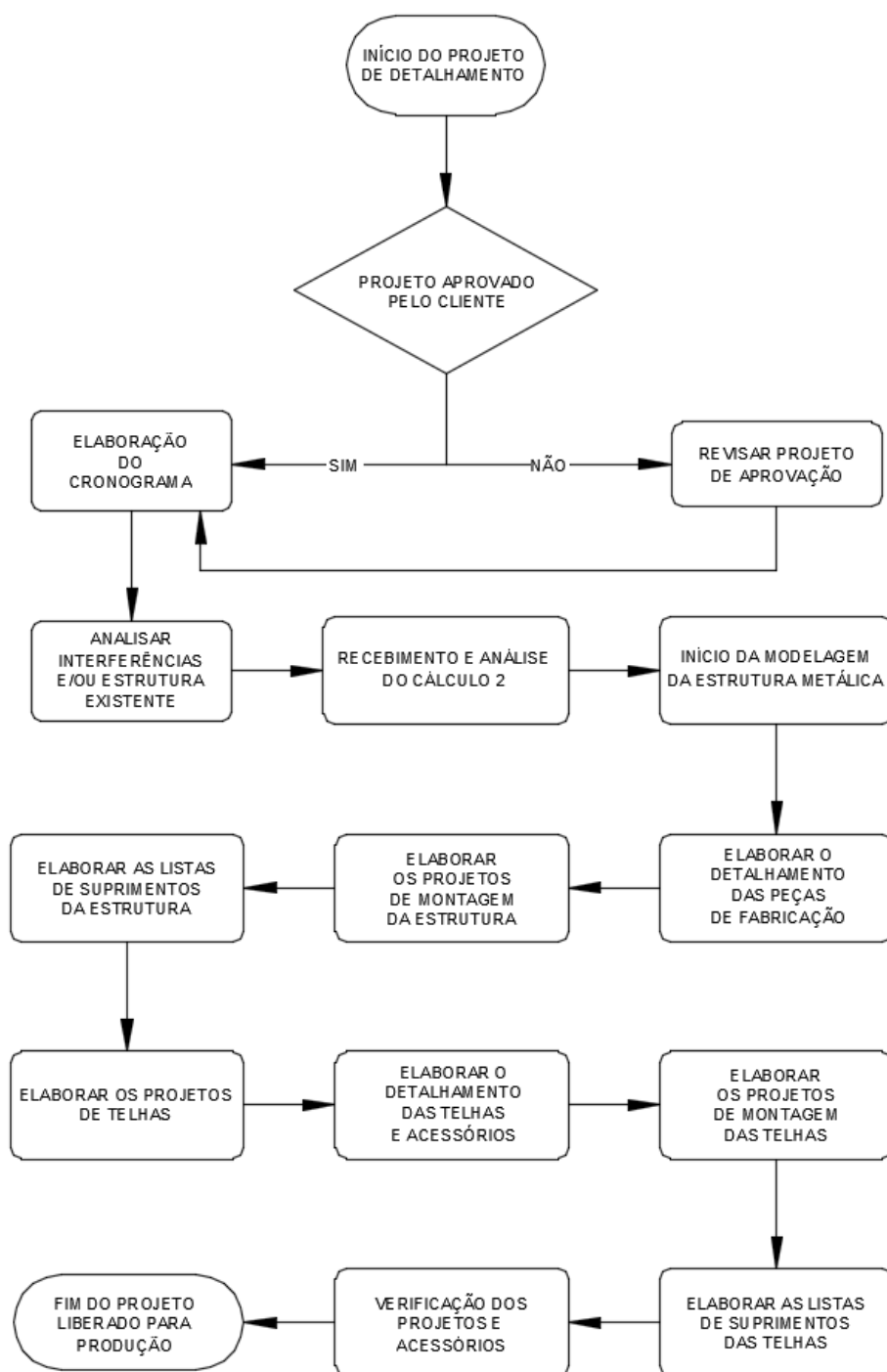
O projeto de montagem deve ser claro contendo todas informações necessárias, para compreensão da montagem é de grande importância a passagem das informações entre engenharia e o responsável da montagem. Para que não ocorra falhas em obras complexas e ou com repetição de módulos, é relevante realizar a pré-montagem em fábrica, com finalidade de evitar retrabalhos em obra e prever possíveis melhorias no sistema do projeto. A relação de suprimentos da estrutura deve ser elaborada incluindo os acessórios de fixação, materiais auxiliares e outros recursos necessários enviados juntamente com a estrutura.

Para concepção do projeto de cobertura são necessários que os mesmos devem ter soluções específicas de compatibilização, são utilizando os cortes de montagem da estrutura metálica para definição e locação das telhas.

Na montagem das telhas deve ser indicado o sentido de montagem, o transpasse, as informações dos acessórios e sistema de vedação, enfim todos os detalhes construtivos. Com o projeto de montagem concluído é possível elaborar a lista de acessórios, sendo que a mesma deve ser enviada para obra juntamente com as telhas.

Também é importante verificar as relações com a área de suprimentos. Essa verificação ocorre por primeiro pelo desenhista e só após é feita a verificação final pelo projetista responsável (verificador). Posteriormente ao processo de verificação caso possuir divergências no projeto devolve-se, para que o desenhista faça as correções. Por fim, após ajustar as correções o projeto retorna ao verificador para armazenamento. Com o ciclo do processo concluído é realizado a liberação dos projetos para as próximas fases. A Figura 24 ilustra as fases desse processo.

Figura 24: Fluxograma do projeto de detalhamento.



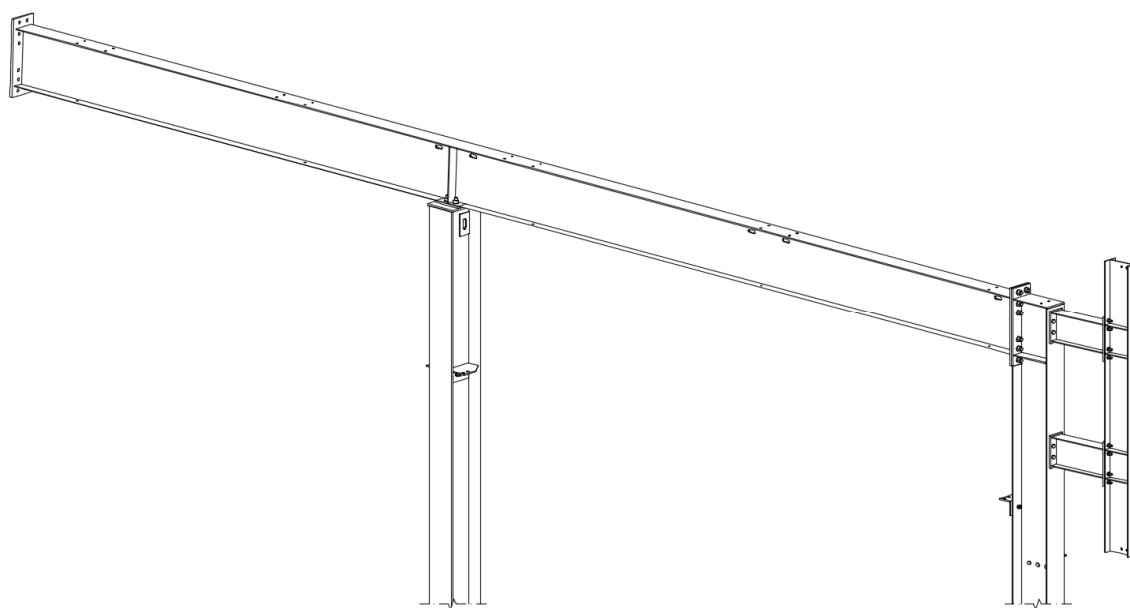
Fonte: Autor (2020).

3.2.15 Estrutura metálica principal

Durante o projeto executivo através das considerações na otimização de cálculo temos a concepção da estrutura e demais informações, na memória de cálculo são definidos todos

os projetos, ligações, contraventos e demais peças. A estrutura principal é formada por vigas, pilares, as ligações entre os diversos elementos estruturais, os reforços, as posições das emendas, comprimentos das vigas, espessuras de solda, diâmetro dos furos, parafusos, locação e diâmetro dos contraventos. Na Figura 25 está representando as ligações aparafusadas entre a viga com os pilares e o pontalete da platibanda.

Figura 25: Detalhe estrutura principal.

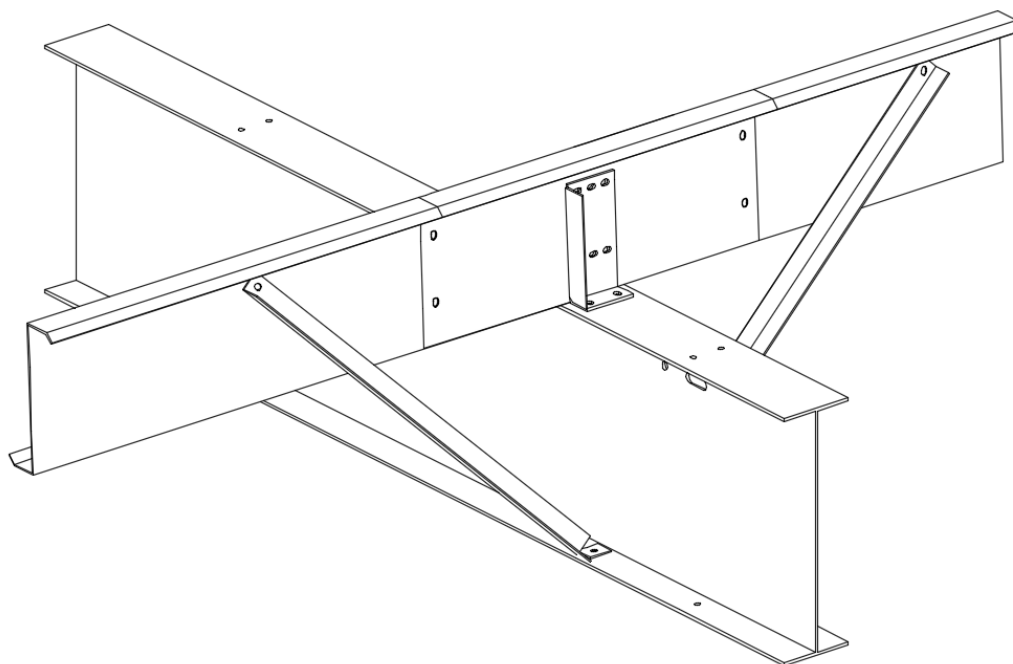


Fonte: Autor (2020).

3.2.16 Estrutura metálica secundária

Na sequência de lançamento é iniciado estrutura secundária da cobertura e fechamento, que tem finalidade de sustentação das telhas e suportar as cargas de equipamentos da cobertura (quando houver). A estrutura é formada por terças em perfil “Z”, possuindo transpasses nas emendas dos pórticos, são colocadas mão francesas para auxiliar no travamento da mesa inferior da viga de cobertura, o suporte é utilizado para união entre as terças e vigas de cobertura. Ver no exemplo na Figura 26.

Figura 26: Detalhe estrutura secundária.



Fonte: Autor (2020).

Para estabilizar as terças são utilizados os travamentos do tipo corrente rígida e tirante, é aconselhável o dimensionamento dos elementos pelo calculista, observando a padronização entre os vãos. Em situações com aberturas, costumasse utilizar o mesmo tipo de perfil na estrutura de contorno.

3.2.17 Projeto de fabricação

Após a conclusão na fase anterior, a modelagem 3D dispõe de um processo de extração dos arquivos na representação 2D, possuindo todas informações que constituem as peças da estrutura. As peças podem ser geradas em escalas reais com todas informações, as vistas e cortes podem ser criados automaticamente. No detalhamento os projetos são organizados de acordo com a prioridade de produção e montagem.

Os projetos das vigas e pilares devem ser detalhados por primeiro, inserindo apenas uma peça em cada prancha, os cortes, vistas e detalhes devem ser posicionadas na parte inferior do desenho, conforme Figura 27. Em sequência são as vigas de travamento, pilaretes, suportes e contraventos.

No detalhamento das terças e demais acessórios da estrutura secundária pode-se detalhar mais de uma peça por prancha, porém separadas por linha de produto.

Nas vigas e pilares devem ser feitas vistas para as mesas superior e inferior para cotar os furos e detalhes da mesa, na vista principal cotar os furos na alma. Os detalhes e ou cortes devem estar em escalas coerente para a perfeita interpretação da fábrica. No mínimo duas vezes a escala da vista principal.

Quando a peça necessitar de contra-flecha deve se indicar nas notas, inserir detalhe com o valor da contra-flecha e indicar o sentido na vista principal. Nas peças mais complexas inserir vista 3D para auxiliar na visualização.

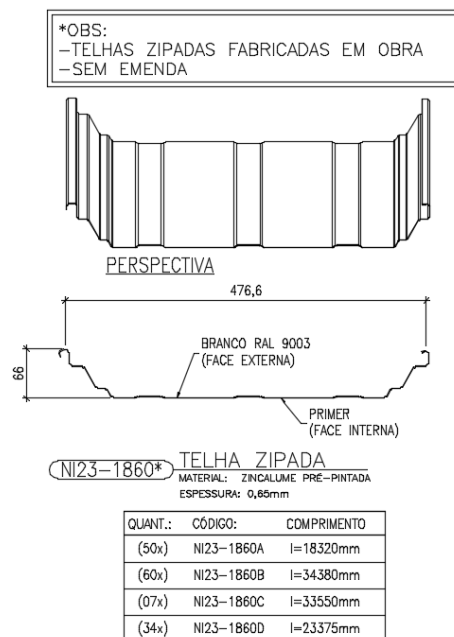
Devem ser informadas três tipos de cotas, cotas acumuladas, cotas parciais e cota total. A locação do ponto zero das cotas acumuladas das peças deve ser no início do perfil, iniciando da esquerda para direita.

O diâmetro dos furos e as indicações de soldas devem ser indicadas através da simbologia padronizada. As tolerâncias de fabricação, nomenclatura das peças, indicação de pintura da estrutura, materiais a serem utilizado e suas especificações devem ser de acordo com cada empresa.

Após concluir os projetos de detalhamento são elaborados os arquivos para programação de máquinas de comando numérico computadorizado - CNC. A manufatura auxiliada por computador - CAM é utilizada em operações de usinagem, corte a laser e plasma obtendo o máximo de aproveitamento.

No detalhamento das telhas de cobertura e fechamento devem ser indicadas: o tipo da telha, a espessura do material, se pré-pintado o acabamento da telha deve ser indicado a face externa e interna, indicar comprimento e quantitativo. Para o detalhamento dos arremates segue o mesmo princípio das telhas, adicionando apenas as cotas de ângulo e das abas para fabricação.

Figura 29: Exemplo detalhamento telha.



Fonte: Autor (2020).

Na prancha devem ser apresentadas as informações de projeto incluindo o nome da empresa, título da prancha, nome da obra, prédio, local da obra, pedido, número da prancha, coordenador da equipe, projetista, desenhista, responsável técnico e campo de revisão. Também possui o campo de notas e a orientação do 3º diedro para fabricação, podendo ser observado na Figura 30.

Figura 30: Exemplo selo padrão.

NOTAS			
00			EMISSÃO INICIAL
REV	DATA	RESPONSÁVEL	DESCRIÇÃO
ESTE PROJETO É DE PROPRIEDADE PARTICULAR, SENDO FORNECIDO SOMENTE PARA MONTAGEM DA OBRA INDICADA NA PLANCHULA DE VISÃO, NÃO DEVENDO SER REPRODUZIDO, UTILIZADO OU REPRODUZIDO PARA OUTROS FINS SEM APROVAÇÃO FORMAL DA EMPRESA. O CONTRATO DE MONTAGEM É RESPONSÁVEL PELA QUALIDADE DE MÃO-DE-OBRA NA MONTAGEM DE ACORDO COM O PROJETO, INSTRUÇÕES DE MONTAGEM, INCLUINDO A CORRETA UTILIZAÇÃO DE CONTRAFORTES TEMPORÁRIOS. AS ESCALAS INDICADAS SÃO PARA PLANTAS DO PROJETO EM FORMATO A1. DIVERGENÇAS ENTRE ESCALAS E OUTRAS DOS DESENHOS, PREVALECEM AS NOTAS.			
TÍTULO DA PRANCHULA			
OBRA		COORDENAÇÃO	
PRÉDIO		PROJETO	
CLIENTE		DESENHO	
LOCAL		RESP. TÉCNICO	
PEDIDO		PRANCHULA	REVISÃO

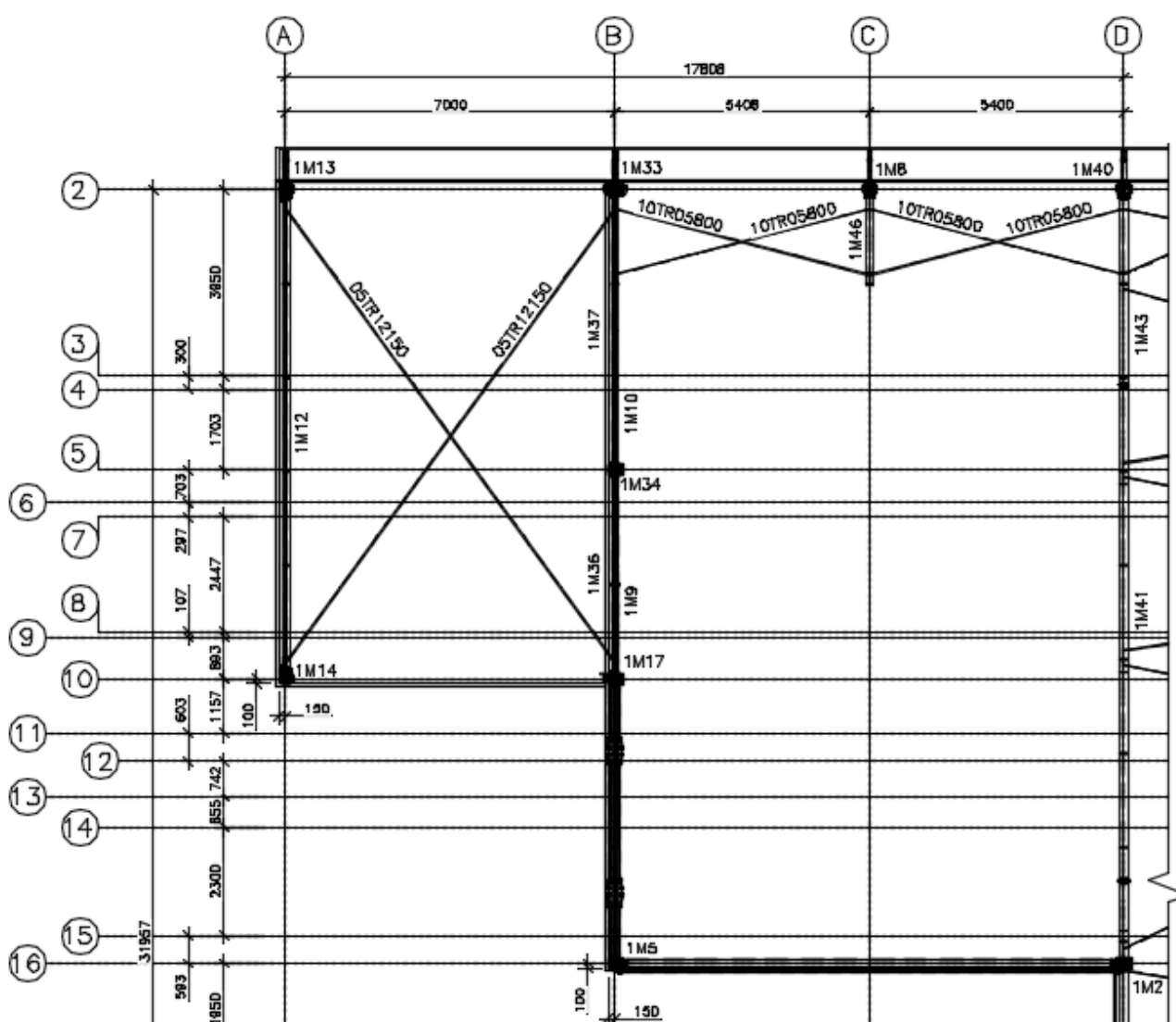
Fonte: Autor (2020).

3.2.18 Projeto de montagem

Durante a fabricação as peças recebem um código de identificação, a partir dessa identificação são elaborados os projetos de montagem, que tem a finalidade de orientar a montagem das peças.

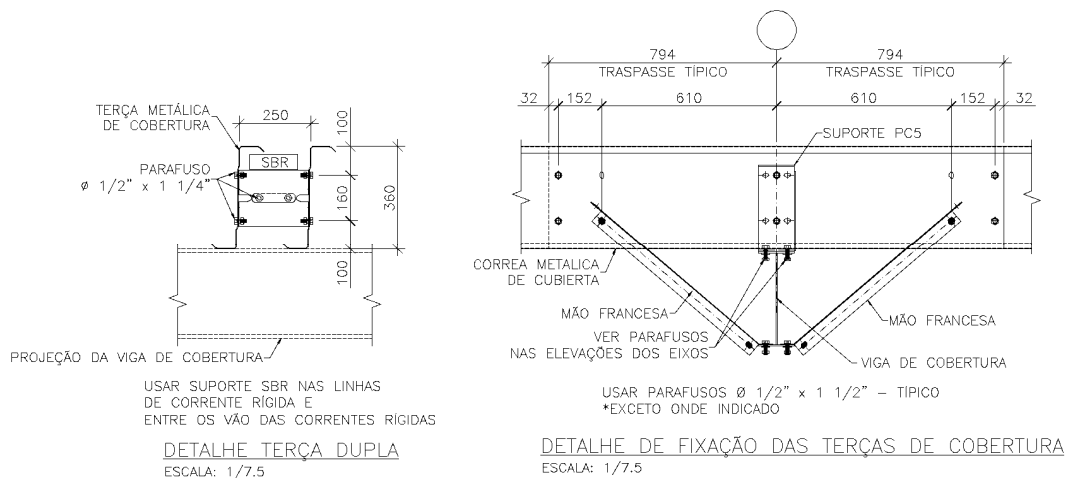
Na vista superior são indicados os códigos das vigas de cobertura, pilares e contraventos. Como pode ser visto na Figura 31.

Figura 31: Vista superior da estrutura principal.



Fonte: Autor (2020).

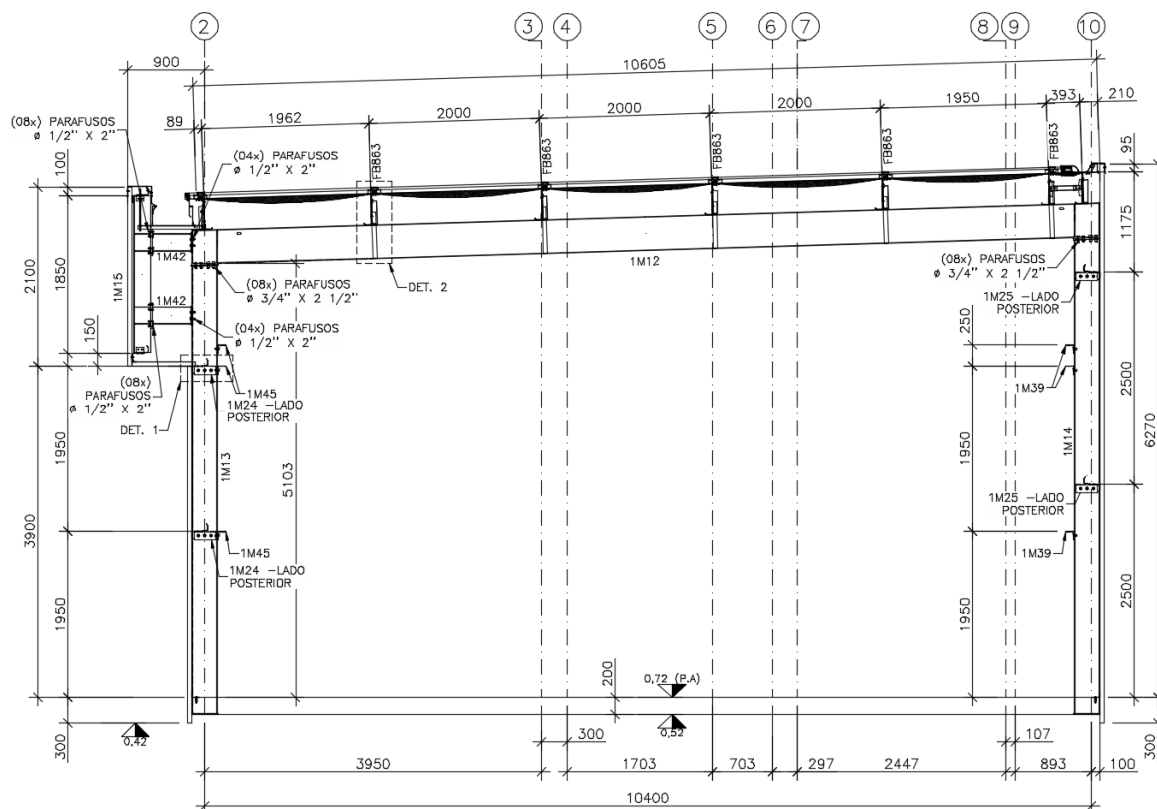
Figura 33: Detalhes de fixação da estrutura secundária.



Fonte: Autor (2020).

As elevações buscam apresentar as vigas, pilares e pontaltes da platibanda as informações são elaboradas para facilitar o processo de montagem da estrutura, são elaborados os detalhes com as informações necessárias para montagem. A Figura 34 apresenta à seguir tal exemplo.

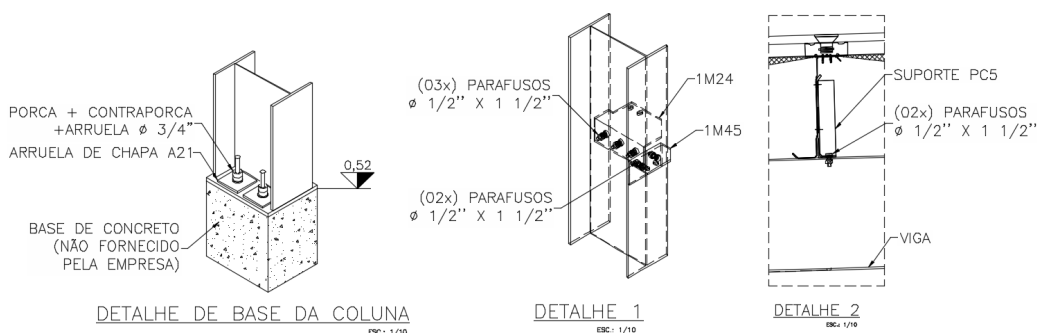
Figura 34: Elevação típica dos pórticos.



Fonte: Autor (2020).

Deve se desenvolver os detalhes com clareza em escala ampliada, contendo as informações suficientes. Na Figura 35, podemos observar a ligação da placa base, no detalhe 1, o encaixe dos suportes para fixação das terças de fechamento e no detalhe 2, o suporte para fixação das terças de cobertura. Também estão incluídos nestes detalhes os parafusos nas ligações com os acessórios.

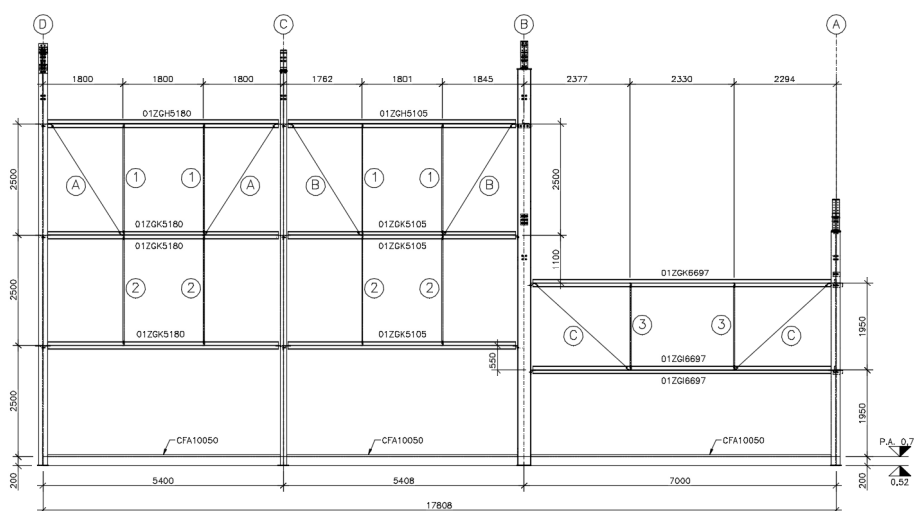
Figura 35: Detalhes do pórtico.



Fonte: Autor (2020).

No fechamento da estrutura secundária de fechamento são elaboradas as vistas laterais e oitão, são indicados os códigos das terças de fechamento, correntes rígidas e tirantes, suporte das terças duplas e transpasses nas emendas nós pórticos, seguindo o mesmo padrão da cobertura. Como pode ser visto na Figura 36.

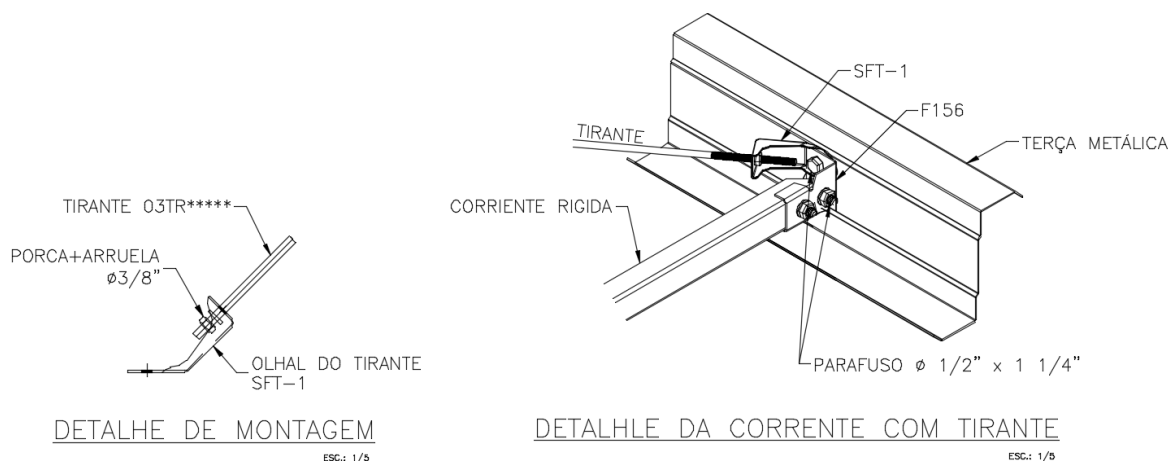
Figura 36: Vista lateral da estrutura secundária.



Fonte: Autor (2020).

Ao criar os detalhes do fechamento são definidos levando em conta as ligações típicas, conforme exemplos na Figura 37, visualizamos o detalhe de fixação dos tirantes e o detalhe da corrente rígida na terça de fechamento.

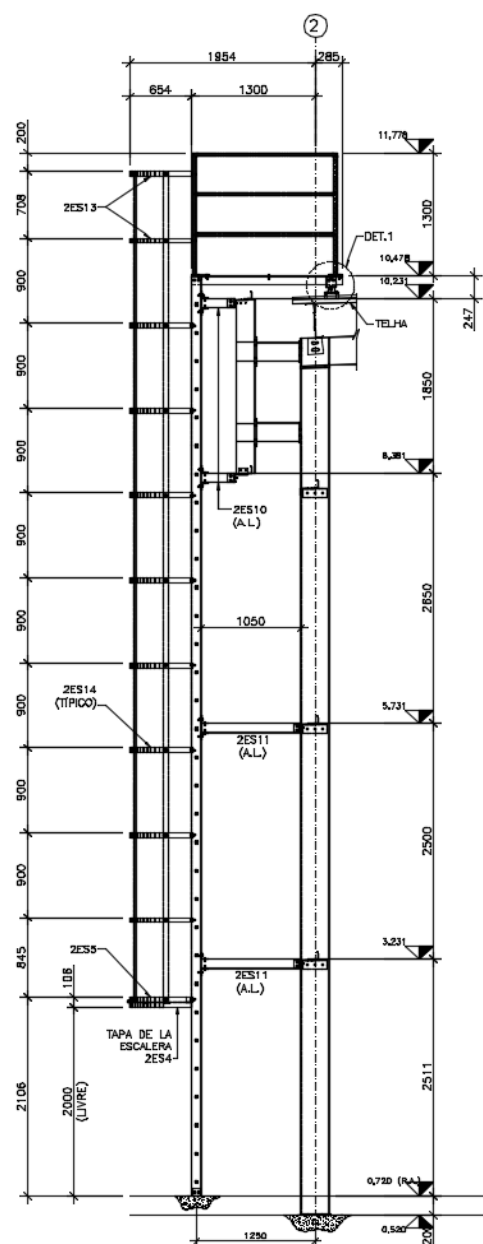
Figura 37: Detalhes da estrutura secundária.



Fonte: Autor (2020).

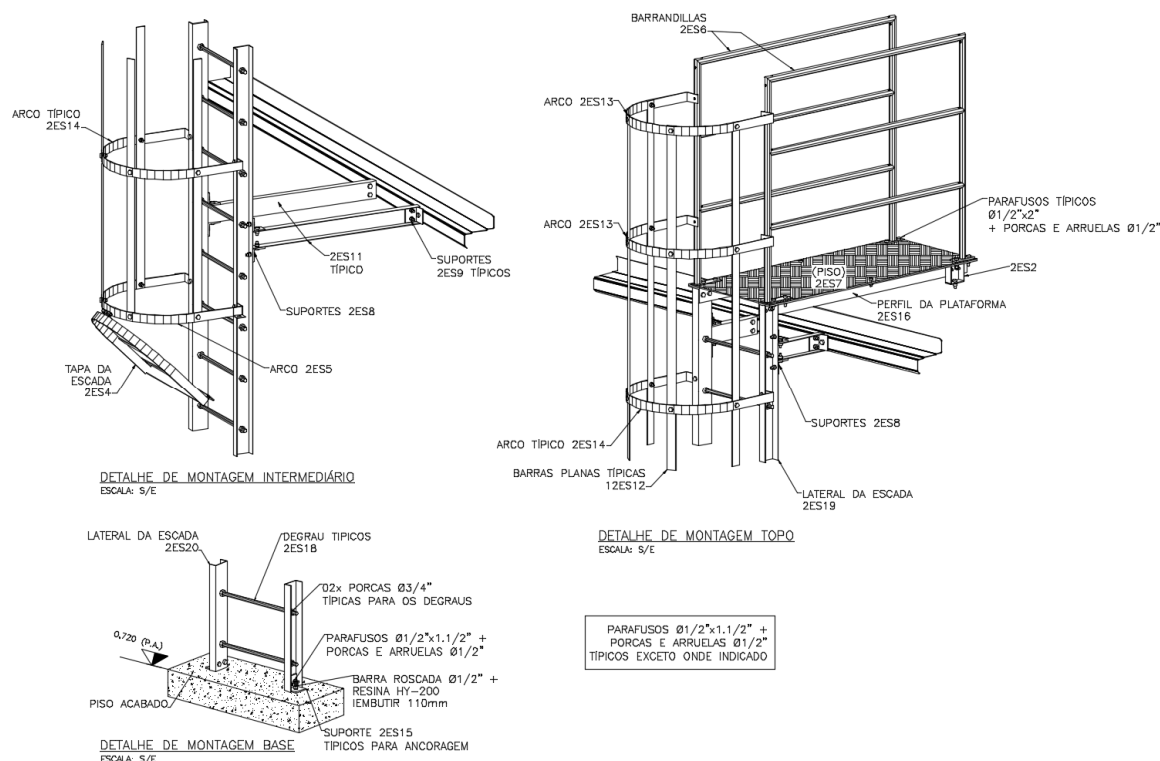
A escada marinheiro deve ser liberada no início da obra, possibilitando o acesso na cobertura, deve ser posicionada na fachada lateral, na maioria das vezes são montadas em obra. Devendo possuir detalhes de fixação com a estrutura metálica. Ver Figuras 38 e 39.

Figura 38: Locação escada marinheiro.



Fonte: Autor (2020).

Figura 39: Detalhes escada marinheiro.



Fonte: Autor (2020).

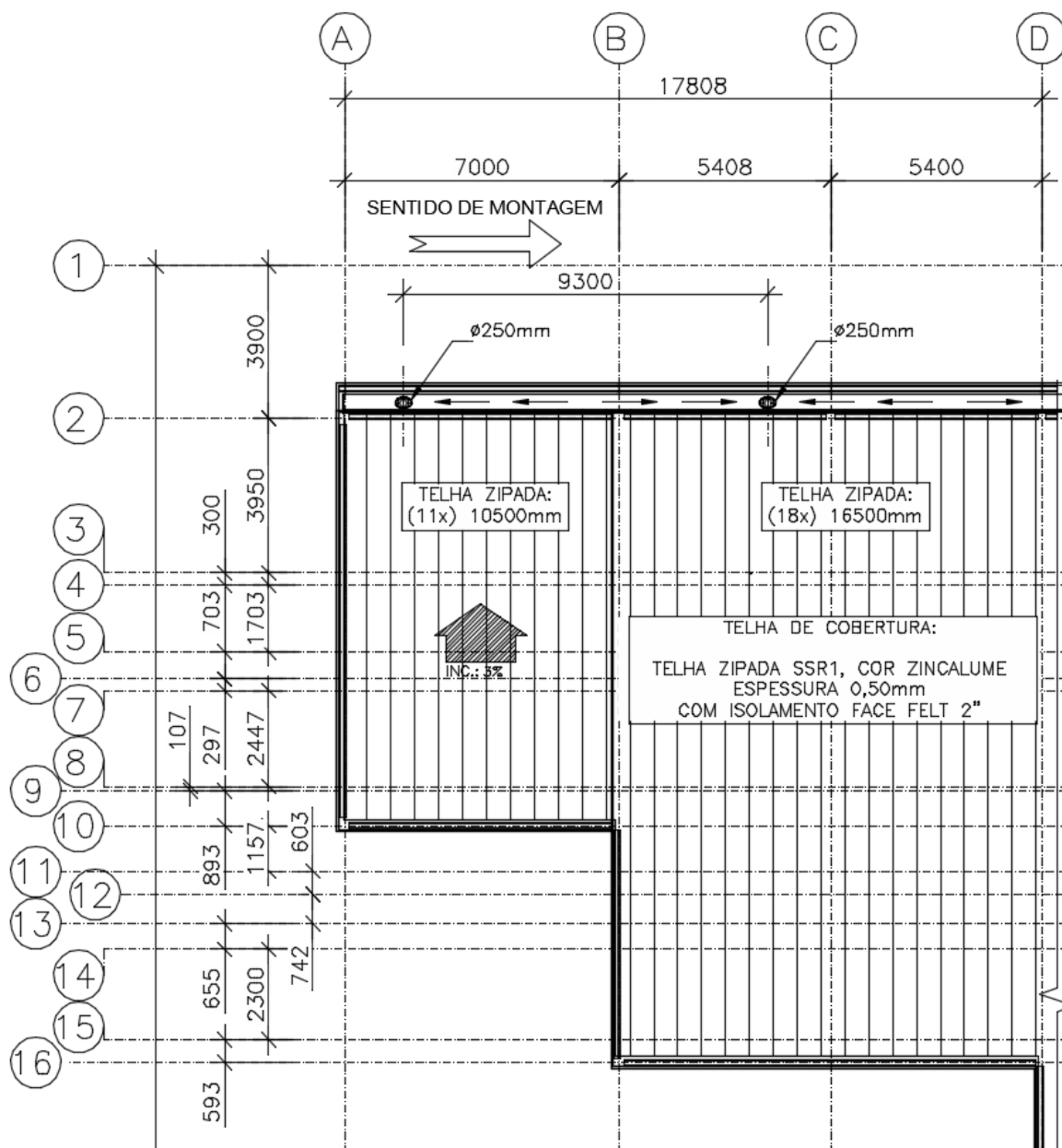
3.2.19 Projeto das telhas de cobertura e fechamento

A solução projetada no sistema de vedação deve ser composta por todo sistema para que não gerem problemas de infiltrações. A modulação entre as terças metálicas são definidas a partir do tipo de telha.

Após a definição do comprimento das telhas, as mesmas devem ser detalhadas, podendo ser em Autocad ou em planilhas no sistema excel, essa definição deve ser conforme padronização da empresa contratante.

Na vista superior são informadas as indicações das telhas, comprimentos e quantidades, também são indicados o sentido de caimento das calhas e os demais detalhes necessários para execução completa dos acessórios para estanqueidade da estrutura. Na Figura 40 ilustramos a vista superior das telhas.

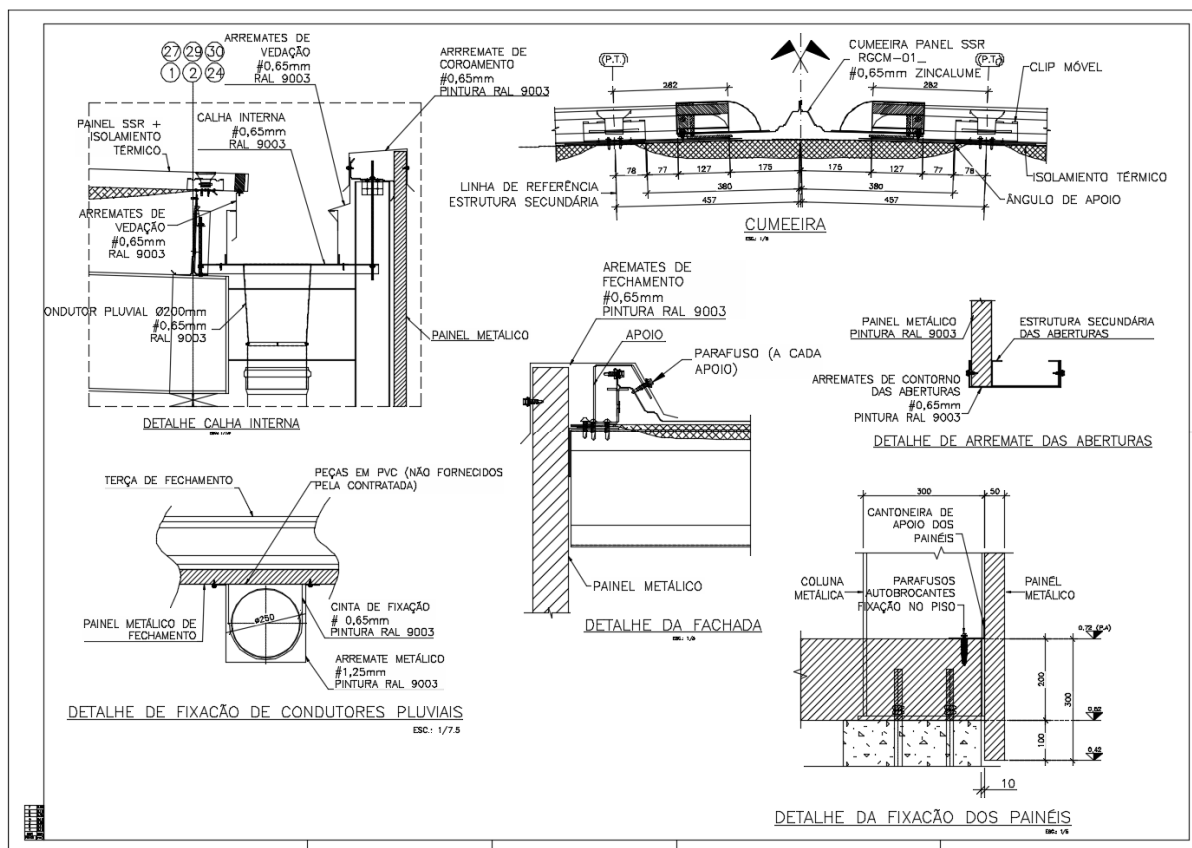
Figura 40: Vista superior das telhas.



Fonte: Autor (2020).

Na prancha dos detalhes de vedação estão representados os arremates de cumeeira, arremates de canto, arremates de coroamento, pingadeiras, calhas, condutores pluviais e cantoneiras para fixação dos painéis, conforme apresentados na Figura 41.

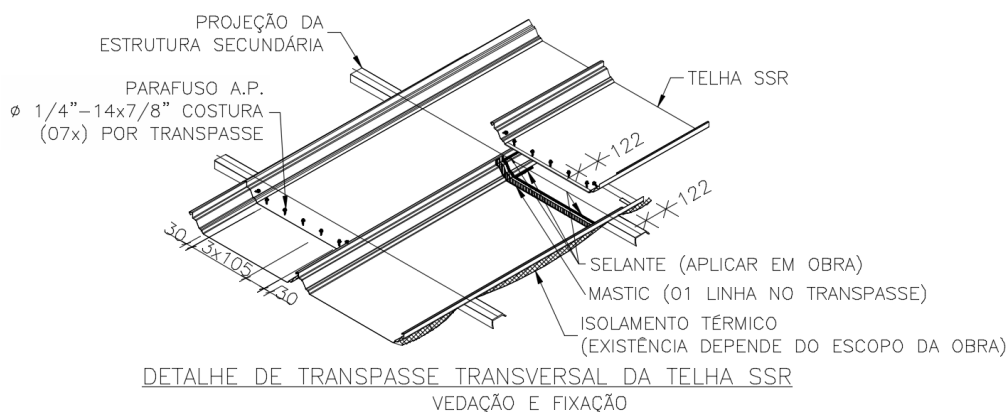
Figura 41: Detalhes de vedação.



Fonte: Autor (2020).

A Figura 42 representa o detalhe de transpasse transversal e orientação para vedação das telhas, afim de evitar infiltrações na cobertura.

Figura 42: Detalhes de vedação da telha.



Fonte: Autor (2020).

3.2.20 Lista de suprimentos

No início das atividades são estimadas as quantidades e tipos de suprimentos, com objetivo de garantir cotações e fornecedores disponíveis. A quantificação completa dos suprimentos e outros recursos necessários será após a conclusão dos projetos.

Na liberação dos suprimentos deverá conter: a quantidade de parafusos, porcas e arruelas. Deve-se informar a classificação do conjunto, utilizar preferencialmente com rosca total, exceto em casos especiais com alta resistência. A proteção dos parafusos, porcas e arruelas devem seguir especificação de acordo com o escopo de cada obra.

Para executar as soldas necessárias durante a montagem, deverão ser liberados os eletrodos, para obras sem previsão de solda ou de pequeno porte no mínimo uma lata de eletrodo. Obras com previsão de solda o projetista deverá levantar a metragem de solda a ser realizada.

Deve ser incluído na lista de materiais a tinta para retoques de acordo com a complexidade da obra, devendo ser compatível com a tinta utilizada na fabricação da obra. A quantidade de litros enviada deverá ser múltipla das embalagens com 3,6 litros de tinta para retoque. O diluente deverá ser usado na proporção de 30% da tinta, podendo ser alterado conforme a necessidade. As embalagens deverão ser múltiplas de 5 litros. Vejamos o exemplo na Tabela 3.

Tabela 3: Exemplo lista de suprimentos.

QUANTIDADE	UNIDADE	DESCRIÇÃO	PESO (t)	OBSERVAÇÃO
625	Pc	PARAF SEXT 1/2x1.1/2 A325 Z. FOGO ROSCA TOTAL	0.0356	TERÇAS
825	PC	PARAF SEXT 1/2x1.1/4 A325 Z. FOGO ROSCA TOTAL	0.0413	TERÇAS
265	PC	PARAF SEXT 1/2X2 A325 Z. FOGO ROSCA TOTAL	0.0164	TERÇAS
30	PC	PARAF SEXT 3/4X2 A325 Z. FOGO ROSCA TOTAL	0.0012	PÓRTICOS
155	PC	PARAF SEXT 3/4X2.1/2 A325 Z. FOGO ROSCA TOTAL	0.0313	PÓRTICOS
120	PC	ARRUELA 3/8 F436 Z. FOGO	0.0053	TIRANTES
1450	PC	ARRUELA 1/2 F436 Z. FOGO	0.0171	TERÇAS
1450	PC	ARRUELA 3/4 F436 Z. FOGO	0.0035	COBERTURA
120	PC	PORCA SEXT 3/8 GR8 GEOMET 320	0.0161	TIRANTES
1450	PC	PORCA SEXT 1/2 A194 2H Z. FOGO	0.048	TERÇAS
1450	PC	PORCA SEXT 3/4 A194 2H Z. FOGO	0.0013	COBERTURA
12	PC	PORCA SEXT 1.1/4 A194 2H GEOMET 320	0.039	CONTRAVENTO
12	PC	ARRUELA 1.1/4 F436 GEOMET 320	0.009	CONTRAVENTO
12	PC	ARRUELA HILLSIDE 1.1/4 Z. FOGO	0.0105	CONTRAVENTO
51	PC	FIXADOR CORRENTE RIGIDA F46	0.012	FECHAMENTO
96	PC	FIXADOR CORRENTE RIGIDA F156	0.0419	COBERTURA
88	PC	SUPORTE SBR	0.49	COB/FECH
1	PC	SUPORTE FIXACAO TIRANTES	0.077	CHAPA BASE
7,2	L	TINTA RAL 9010 BRANCO ESTER EPOXIRETOQUE	0.079	ACABAMENTO
5	L	DILUENTE THINNER WEG 10001035	0.003	ACABAMENTO
15	KG	ELETRODO OK ER4804 E7018 3,25MM	0.015	SOLDA EM OBRA
1	PC	RESINA HILTI HY 200-R 330 ML	0.0015	CHAPA BASE
1	PC	BICO MISTURADOR HILTI HIT-RE-M	0.001	CHAPA BASE
PESO TOTAL			0,996	

Fonte: Autor (2020).

3.2.21 Verificação dos projetos de detalhamento

No encerramento do projeto deverão ser submetidos a revisão todos os documentos do projeto para garantir a conclusão dos objetivos, essa verificação ocorre baseada no *check list* da Tabela 4.

Tabela 4: Check list de verificação.

Chumbação	
Verificar memória de cálculo	
Fazer relação de Material	
Verificar chumbadores e insertos	
Liberar porcas e Arruelas	
Revestimento das peças	
Checar dimensões e quantidades das peças	
Falta ou divergências de cotas e escalas	
Checar níveis	
Estrutura principal	
Conferência desenho com memória de Cálculo	
Indicação de contra-flecha	
Comprimento e altura transporte	
Furação para estrutura secundária	
Simbologia de solda com memória de cálculo	
Parafusos verificação de quantitativos e acabamento	
Verificar as chaparias e suportes bem com os quantitativos	
Contraventos verificar comprimentos	
Estrutura secundária	
Conferência desenho com memória de Cálculo	
Verificar detalhes da estrutura	
Transpasses das terças conforme memória de cálculo	
Telhas de cobertura e fechamento	
Verificar metragem do orçado x projeto	
Verificar cores e espessura orçado x projeto	
Checar informações do projeto de aprovação	
Checar tipos de parafusos (especiais ou não)	
Verificar comprimento das telhas no projeto	
Verificar quantidades de acessórios	
Compatibilidade da estrutura de cobertura com lanternin e zenital	
Junta de dilatação	
Iluminação zenital (placas prismáticas)	
Tipo e tamanho das placas	
Checar orçado x projeto	
Sobreposição de linhas de zenital com vigas	
Verificar envio de Cartola de fixação	
Lançamento da iluminação com Placa Prismática para obtenção dos raios de iluminação a 45° e iluminação distribuída.	
Calhas, caixas de coleta e arremates	
Verificar dimensionamento de calhas e caixas de coleta	
Verificar locação de descidas aprovada pelo cliente	
Verificar material das calhas e caixas de coleta	
Verificar interface com alvenaria / concreto	
Venezianas	
Verificar se foi orçado: arremates, tela anti-inseto ou anti-pássaro	
Verificar quantitativos de acessórios	
Verificar interface com estrutura de apoio	
Verificar cor das venezianas	
Itens gerais	
Divergência entre escalas e cotas	
Divergência entre projeto e cálculo	
Divergência entre vistas e rebatimentos	
Divergência no preenchimento do selo	
Marcas - descrição padronizada	
Posições - não repetir nomenclatura	

Fonte: Autor (2020).

Após o término dos desenhos de detalhamento e montagem pelo projetista, todos os desenhos deverão ser impressos em escala. Com o projeto em escala o verificador deverá corrigir os seguintes pontos:

Verificar as dimensões com arquitetura e projeto aprovado pelo cliente, como por exemplo a locação dos pilares, diâmetro e locação dos chumbadores, pé-direito, locação das vigas e terças, distribuição dos travamentos, inclinação do telhado, locação dos contraventos, etc.

Verificar as medidas de detalhamento conforme memória de cálculo, como por exemplo espessuras e dimensões de chapas, ligações, diâmetro dos furos, perfis, locação das mãos francesas.

Quando o calculista achar que alguma mudança seja necessária, será enviado um memorial de cálculo para o projetista, e o mesmo deverá seguir alteração que o calculista definir. O verificador deverá acompanhar esse processo juntamente com o calculista, e deverá verificar todas as mudanças que foram feitas pelo calculista, como por exemplo alteração de ligação, indicação de solda, diâmetro e quantidade de furação, etc.

No diagrama de montagem deverá ser verificado, se todas as peças que foram criadas, estão marcadas no diagrama de montagem. Analisar se todos os detalhes, indicações de solda, parafusos, enfim, todos os componentes avulsos que serão necessários para a montagem da estrutura estão indicados com clareza.

Os pontos onde estiverem corretos deverão ser pintados com marca texto amarelos, e nos pontos onde ocorrer erros, deverão ser circulados com uma caneta na cor vermelha, sendo indicados com clareza os pontos que serão alterados posteriormente pelo projetista.

Se após a verificação do desenho houver erros ele voltará para o projetista, onde os pontos circulados de vermelho serão alterados e pintados de amarelos pelo projetista.

Quando o projetista finalizar a correção, o verificador deverá olhar todos os pontos que foram anotados. Se por acaso, os erros anotados não forem atendidos, o verificador deverá anotar todos os pontos que não foram atendidos e retornar o desenho para o projetista.

Só após o término do processo de verificação, os desenhos deverão ser liberados para a fabricação.

O protocolo de liberação deverá ser preenchido e liberado juntamente com a etapa ou qualquer liberação de projetos da obra. Deverão ser registrados todos os projetos de fabricação, projetos de montagem e relações de suprimentos da etapa correspondente.

Para autorizar a liberação será necessário coletar as assinaturas dos responsáveis de cada setor, conforme descrito na Figura 43. Em caso de revisão repete-se o mesmo processo.

Figura 43: Protocolo de liberação.

PROTOCOLO DE LIBERAÇÃO					
Obra:				Local:	
Etapa:				Projetista:	
Cliente:				Data:	
Nº	Nº do Documento	Rev.	Título	Peso kg	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
PESO TOTAL				0,00 kg	
COMENTÁRIOS:					
SETOR DE PROJETOS SETOR DE CÁLCULO PCP					

Fonte: Autor (2020).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

O resultado consiste em uma proposta com a finalidade de aplicar de forma adequada os conceitos de integração dos processos de detalhamento, contribuindo para minimizar parte dos seus problemas, sendo que o estudo vai agir nos aspectos como redução de tempos e retrabalhos, sendo mais eficiente na definição de escopo, comunicação e verificação dos projetos.

A visão do processo produtivo em estruturas metálicas deve estar ligada ao desenvolvimento de projetos, a padronização na representação dos projetos seria interessante, pois permite maior agilidade e qualidade do desenvolvimento das etapas de fabricação e de montagem. A correta escolha do sistema produtivo e tipo de ligação são fatores que contribuem consideravelmente em reduções dos custos de fabricação e montagem das estruturas metálicas.

A ABNT não possui manual de detalhamento específicos para fabricação de estruturas metálicas, com esses procedimentos padronizados pode-se resultar em ganhos.

A realização deste trabalho proporcionou conhecimento para desenvolver a primeira etapa de um grande processo, o projeto básico é destinado a representação simplificada das informações técnicas, afim de ilustrar o projeto para o cliente, devendo estar definido o objetivo do projeto com referências do projeto arquitetônico. Não há necessidade de compatibilização com todas as disciplinas em virtude da limitação de tempo.

No projeto executivo ocorrem as definições em função da estrutura, nessa etapa ocorre a execução dos detalhes, ligações e finalização dos desenhos da estrutura. Portanto todos os detalhes, cantos, interfaces, posição de equipamentos, aberturas, cargas, etc. devem estar representados para a elaboração do projeto estrutural. Nessa fase ocorre a compatibilização com todos os projetos da construção, assim demanda mais tempo para sua execução.

O projeto de detalhamento é definido como os desenhos que devem assegurar as vantagens da construção metálica. O processo de administração do projeto se torna difícil, pois inclui diversas decisões, em longos períodos, envolvendo diferentes profissionais de diferentes áreas de atuação.

Nessa fase são elaborados diversos processos sendo eles: a modelagem 3D da estrutura metálica, elaboração dos projetos de fabricação, detalhes, lista de suprimentos da estrutura

metálica e das telhas, também são elaborados os projetos de montagem e seus detalhes construtivos.

Examinar as diversas peças e verificar especificações, desenhos e detalhes ficam a cargo do verificador que acaba sobrecarregado, pois tem que verificar o trabalho dos diversos desenhistas, dessa forma adotam-se os procedimentos do modelo de referência apresentados no *check list*, proporcionando um aumento no controle e na execução das atividades no decorrer do processo. A verificação final é de extrema importância, deve ser realizada antes do envio para fabricação, afim de evitar perda de material e tempo de montagem.

A utilização desse trabalho favorece os resultados do projeto, orientando o profissional com base na revisão bibliográfica, permitindo aumentar o nível de conhecimento na execução em projetos de estruturas metálicas. Com propósito de capacitar os profissionais, fornecendo conteúdo didático para o desenvolvimento de suas funções, além disso a partir do estudo de caso consigam executar projetos mais completos, no menor tempo possível.

4.1 Estrutura de projeto

Com relação a estrutura de projeto temos a elaboração do modelo padronizado atendendo as fases do projeto conforme apresentado nos objetivos específicos.

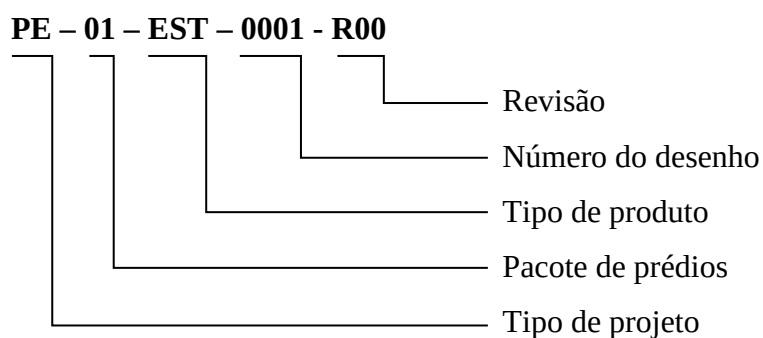
4.1.2 Formato do selo padrão

A utilização dos formatos do selo padrão de projeto deve adotar a seguinte ordem:

- 1) Projeto básico, pré-executivo e executivo (montagem): formato A1;
- 2) Projeto de fabricação: formato A2.

4.1.3 Codificação de projeto

A codificação para os desenhos do projeto básico e pré-executivo deve seguir o exemplo abaixo:



4.1.3.1 Tipo de projeto

Código para cada tipo de projeto (fase do projeto), formado por 02 letras. Para o projeto básico (desenhos fase de orçamento) o código será PB e para o projeto pré-executivo o código será PE.

4.1.3.2 Tipo de produto

Código para cada tipo de produto, formado por 03 letras, conforme Figura 44.

Figura 44 – Tipo de produto.

Tipo de Produto	Código
Capa	CAP
Especificações Técnicas e Cargas	ESP
Reações	REA
Chumbação	CHU
Estrutura	EST
Telhas/Calhas/Iluminação zenital/Lanternim/Arremates	COB

Fonte: Autor (2021).

4.1.3.3 Numeração dos desenhos

Número contador de 0001 a 9999 desenhos para cada um dos tipos de produtos.

Séries para a subdivisão dos desenhos para o tipo de produto EST:

0001 a 0999 – estrutura principal

1000 a 1999 – estrutura secundária cobertura

2000 a 2999 – estrutura secundária fechamento

3000 a 9999 – outros

Séries para a subdivisão dos desenhos para o tipo de produto COB:

1000 a 1999 – telhas cobertura/calhas/iluminação zenital/lanternim/arremates

2000 a 2999 – telhas fechamento/arremates

3000 a 9999 – outros

4.1.3.4 Revisão

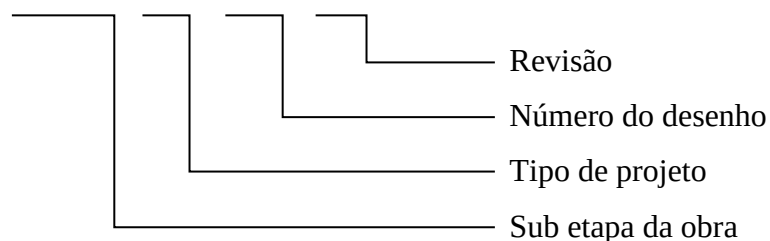
Número da revisão do projeto com 02 dígitos. A emissão inicial será R00.

4.2 Projeto executivo

4.2.1 Codificação para desenho

A codificação para os desenhos do projeto executivo (montagem) deve seguir o exemplo abaixo:

00130A – EX – 0001 - R00



4.2.1.1 Revisão

Identificação para cada sub etapa da obra, gerada pelo setor de planejamento (sequencial seguindo o cronograma da obra), formada por uma série de 05 números e 01 letra.

4.2.1.2 Tipo de projeto

Código para identificar o projeto executivo será EX, formado por 02 letras.

4.2.1.3 Numeração dos desenhos

Séries para a subdivisão dos desenhos para a sub etapa de estrutura.

Séries para a subdivisão dos desenhos para o tipo de produto EST:

0001 a 0999 – estrutura principal

1000 a 1999 – estrutura secundária cobertura

2000 a 2999 – estrutura secundária fechamento

3000 a 9999 – outros

Séries para a subdivisão dos desenhos para a sub etapa de telhas:

1000 a 1999 – telhas cobertura/calhas/iluminação zenital/lanternim/arremates

2000 a 2999 – telhas fechamento/arremates

3000 a 9999 – outros

4.2.1.4 Revisão

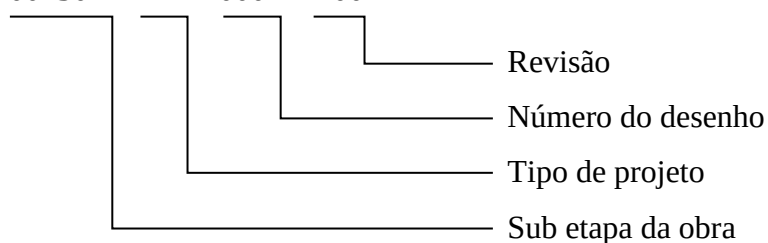
Número da revisão do projeto com 02 dígitos. A emissão inicial será R00.

4.3 Projeto de fabricação

4.3.1 Codificação para desenho

A codificação para os desenhos do projeto executivo (montagem) deve seguir o exemplo abaixo:

00130A – FA – 0001 - R00



4.3.1.1 Sub etapa da obra

Identificação para cada sub etapa da obra, gerada pelo setor de planejamento (sequencial seguindo o cronograma da obra), formada por uma série de 05 números e 01 letra.

4.3.1.2 Tipo de projeto

Código para identificar o projeto fabricação será FA, formado por 02 letras.

4.3.1.3 Numeração dos desenhos

Séries para a subdivisão dos desenhos para a sub etapa de estrutura.

Séries para a subdivisão dos desenhos para o tipo de produto EST:

0001 a 0999 – estrutura principal

1000 a 1999 – estrutura secundária cobertura

2000 a 2999 – estrutura secundária fechamento

3000 a 9999 – outros

Séries para a subdivisão dos desenhos para a sub etapa de telhas:

1000 a 1999 – telhas cobertura/calhas/iluminação zenital/lanternim/arremates

2000 a 2999 – telhas fechamento/arremates

3000 a 9999 – outros

4.3.1.4 Revisão

Número da revisão do projeto com 02 dígitos. A emissão inicial será R00.

4.4 Tabela de revisão

A tabela de revisão é utilizada para registrar correções, alterações e ou acréscimos feitos no desenho. Busca registrar com clareza as informações referentes ao que foi alterado de uma versão do desenho para outra.

A tabela de revisão é posicionada ao lado da legenda. É preenchida de baixo para cima, ou seja, a emissão inicial é registrada na linha inferior da tabela, a primeira revisão na linha acima desta e assim por diante representado na Figura 45.

Figura 45 – Tabela de revisão.

NOTAS:				
				TÍTULO DA PRANCHA
				OBRA
				PRÉDIO
00	27/05/15	X	EMIÇÃO INICIAL	CLIENTE
REV	DATA	RESPONSÁVEL	DESCRIÇÃO	

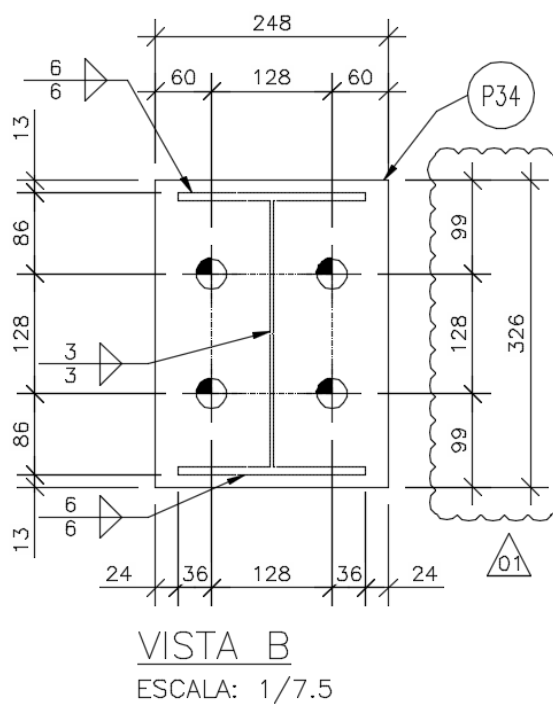
Fonte: Autor (2021).

A tabela de revisão deve conter:

- 1) designação da revisão: deve ser numérica sendo que a emissão inicial é a revisão 00;
- 2) data: dd/mm/aa;
- 3) responsável: nome do revisor;
- 4) descrição: informação do motivo da revisão.

Além do registro na tabela de revisão deve ser indicado o local da revisão na peça com o símbolo de ameiba e o triângulo com o número da revisão, conforme abaixo na Figura 46.

Figura 46 – Detalhe de revisão.



Fonte: Autor (2021).

Quando a revisão alterar a lista de materiais, deve ser indicado a revisão também na lista, representada abaixo na Figura 47.

Figura 47 – Detalhe de revisão lista de materiais.

LISTA DE MATERIAIS							
PESO TOTAL: 0.3885 ton.				SUPERFÍCIE A TRATAR: 15.8 m ²			
MARCA POS.	QTD	DESCRIÇÃO	MATERIAL	Peso		CÓD. EMS	TRATAMENTO
				Unit.	Tot.		
2MR60	1	VIGA SOLDADA		0.3885	0.3885		PINTURA PO
P34	1	Ch. 19.00 x 248.0 x 326.0	CIVIL 350	0.0121	0.0121		
PR132	1	Ch. 12.70 x 200.1 x 300.0	CIVIL 350	0.0060	0.0060		
PR134	1	I 300X200X3.75X7.90 x 11156.9	CIVIL 350	0.3704	0.3704		

Fonte: Autor (2021).

4.5 Textos, cotas e escalas

Todas as cotas necessárias à caracterização da forma e da grandeza do objeto são indicadas diretamente sobre o desenho, de modo a não exigir, posteriormente, cálculo ou estimativa de medidas, de acordo com configuração adequada.

As cotas são expressas em milímetros sem mencionar o símbolo desta unidade, para casos excepcionais o símbolo de outra unidade deverá obrigatoriamente acompanhar a cota.

A escala a ser escolhida depende da complexidade do que será representado e da finalidade da representação, sendo suficiente para interpretar a informação ilustrada. Os projetos são normalmente desenhados em escala, a fim de possibilitar o acesso direto às informações sobre dimensões dos elementos e peças.

As escalas de redução utilizadas para projetos são as seguintes: 1:1; 1:2; 1:2.5; 1:5; 1:7.5; 1:10; 1:12.5; 1:15; 1:20; 1:25; 1:30; 1:40; 1:50; 1:75; 1:100; 1:125; 1:150; 1:200; 1:250; 1:300; 1:400; 1:500; 1:750; 1:800; 1:1000. Em casos especiais poderão ocorrer escalas fora das relacionadas acima.

A indicação da escala é necessária em todos os projetos, quando todos os itens do desenho estiverem desenhados na mesma escala, pode-se indicar no campo “escala utilizada” do selo a escala do desenho “1/x”.

Quando os itens do desenho estiverem desenhados em escalas diferentes, indica-se a respectiva escala junto a cada detalhe/desenho, e no campo “escala utilizada” do selo constará a palavra “indicada”.

É permitida eventualmente a confecção de um detalhe ou corte fora de escala. Para isto, deve constar junto ao mesmo a indicação sem escala.

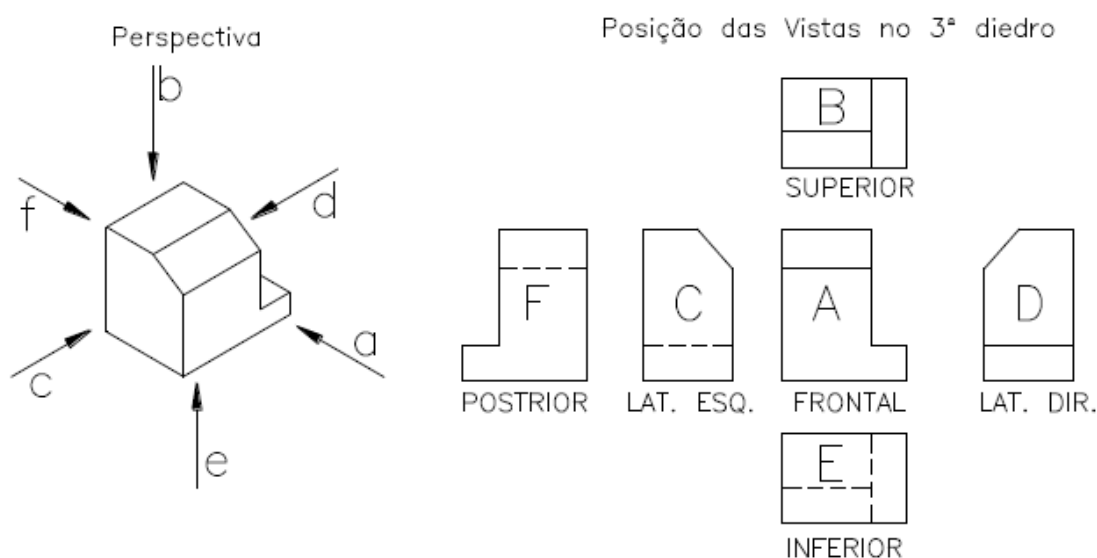
Convém salientar que a indicação de escala obedece à escala de papel para plotagem, de acordo com o formato indicado em observação no selo do desenho.

4.6 Representações de desenhos

O desenho técnico é representado na cor preta, portanto os desenhos são plotados em preto.

Os desenhos são elaborados utilizando como método de projeção ortográfica o terceiro diedro, sendo desnecessário descrever o nome das vistas. No projeto devem ser representadas as vistas necessárias à perfeita compreensão do objeto a ser fabricado, não sendo necessárias todas as vistas. Neste sistema as vistas são dispostas como mostra a Figura 48.

Figura 48 – Representação do desenho técnico



Fonte: Autor (2021).

4.7 Planejamento em obras com estruturas metálicas

Segundo Teixeira (2007) o planejamento pode ser dividido em três itens: Sendo assim por primeiro a contratação da empresa que desenvolve o projeto estrutural, em segundo a escolha do tipo da estrutura metálica e por último a definição das premissas do projeto.

4.7.1 Contratação

Com as exigências do mercado imobiliário associado ao processo de elaboração dos projetos seria ideal a contratação da empresa de projetos ainda na concepção do produto. Desta forma as interfaces seriam previamente compatibilizadas, reduzindo imprevistos e fornecendo maior qualidade para a construção (ABECE, 2007). Em obras metálicas a contratação antecipada é considerável, pois os diversos fatores do processo produtivo já mencionados na revisão bibliográfica são essenciais. Pode-se ressaltar o processo produtivo em fábrica, externo ao canteiro de obra, as características do aço devem conter precisão milimétrica principalmente para montagem desta.

De acordo com Teixeira (2007) a falta de capacidade em contratar projetos de engenharia pode influenciar no tempo destinado aos projetos, pois muitas vezes a etapa do projeto é elaborada paralelamente à construção, podendo assim gerar retrabalhos e diminuição da produtividade.

4.7.2 Escolha do tipo da estrutura metálica

O empreendimento concebido em estrutura metálica para ser viável e econômico deve seguir alguns parâmetros específicos ainda no início do processo de projeto, como por exemplo: módulos padronizados, facilidade na fabricação e montagem da estrutura. Assunto já mencionado no capítulo 2, item 2.2.

O alto custo da estrutura metálica é um dos principais impedimentos na construção civil, exceto em obras industriais. Neste caso o custo do sistema mesmo que mais alto, possui agilidade favorecendo a utilização do aço. A necessidade de grandes vãos e agilidade na construção são necessidades específicas para determinar o uso da estrutura metálica (TEIXEIRA, 2007).

Para Teixeira (2007) um dos problemas no sistema construtivo metálico e a compatibilização com o sistema de acabamento e vedação, são poucas as opções disponíveis no mercado. O sistema tradicionalmente é confeccionado em concreto, conhecido como lajes pré-fabricadas ou lajes *steel deck*. Em obras geralmente são utilizados os sistemas mistos, sendo estrutural industrializado e convencionais não

industrializados. Como por exemplo o sistema não industrializado podemos citar a vedação em alvenaria, muito utilizado porem apresenta atrasos devido à falta de projetos.

4.7.3 Premissas de projeto

Segundo Guia PMBOK (2017) a preparação detalhada do escopo do projeto utiliza as premissas e restrições como documentos para o início do projeto. Durante o planejamento do projeto seu escopo é constituído com maior especificação de acordo com as informações do projeto, suas atividades devem ser documentadas e atualizadas sempre que necessário.

Para desenvolver projetos de qualidade devem atender as necessidades e expectativas dos clientes, análise crítica, validação e análise dos resultados. Estas necessidades e expectativas são chamadas de premissas do projeto. Podendo ser declaradas como requisitos de entrega e pós-entrega do projeto, (MELHADO & CAMBIAGHI, 2006).

4.7.4 Análise e desenvolvimento do projeto metálico

A análise e desenvolvimento do projeto, pode ser dividida em três itens: a) critérios de entrada do projeto metálico; b) critérios de elaboração do projeto metálico e c) critérios de saída do projeto metálico. No gerenciamento de projetos o processo desenvolve uma ou mais saídas de uma ou mais entradas, vinculando as técnicas e ferramentas apropriadas, (GUIA PMBOK, 2017).

a) Critérios de entrada do projeto metálico

Para o ponto de partida são essenciais que os engenheiros de projeto estrutural e fabricantes de estrutura metálica definam o serviço que serão prestados, ou seja, algumas empresas de projeto estrutural desenvolvem todo o projeto estrutural até o detalhamento estrutural, projetos de fabricação e montagem. Outras apenas desenvolvem a etapa de detalhamento da estrutura ou apenas as etapas de fabricação e montagem.

Segundo o manual da ABECE (2007), orienta as diversas fases do projeto estrutural, projeto arquitetônico e vários outros como: instalações, projeto de produção, geotécnica, dados de viabilidade técnica e econômica, impermeabilizações, sistemas construtivos, etc. Em obras industriais na maioria das vezes não possui o desenvolvimento de projeto de arquitetura, as informações são através de projeto básico de engenharia. Disponibilizando dimensões e posicionamento da edificação, especificação técnica dos equipamentos, carregamentos e informações sobre o terreno (topografia e sondagem). Caso o projeto seja uma ampliação de uma edificação já existente, será necessário o levantamento topográfico do empreendimento já construído.

Na prestação de serviços referente apenas ao detalhamento do projeto a empresa responsável de estruturas, utilizam como premissas de entrada o projeto básico, memorial descritivo e memorial de cálculo. Esses documentos também são utilizados pelas empresas de fabricação no desenvolvimento dos projetos de fabricação e montagem da estrutura. A definição das fases do projeto de fabricação e montagem estão descritas no capítulo 3, itens 3.2.14 e 3.2.18.

b) critérios de elaboração do projeto metálico

Segundo o manual ABECE (2007) as definições das fases do projeto estrutural são: apoio à concepção do produto, apoio à definição do produto, identificação e solução das interfaces, projeto de detalhamento das especialidades, pós-entrega do projeto e pós-entrega da obra. No estudo de caso foi possível perceber que a empresa não desenvolve todas as fases e também não estão habituadas com a nomenclatura descrita pela ABECE. As nomenclaturas das fases do projeto na empresa entrevistadas são: Projeto básico, projeto executivo, projeto de detalhamento e projeto de montagem.

No projeto básico inicia o sistema estrutural de acordo com a proposta arquitetônica posicionando as vigas e pilares realizando o pré-lançamento da estrutura.

Nessa etapa são definidos os carregamentos e esforços para elaborar os cálculos estruturais, após são elaborados memoriais de cálculo, lista de compras. De acordo com o manual ABECE (2007) algumas das fases apresentadas são relacionadas a fase de apoio à definição do produto. Na etapa do projeto executivo, condiz à fase de detalhamento das especialidades no manual da ABECE. Na empresa entrevistada ao finalizar o cálculo 2,

que corresponde ao cálculo final, nessa etapa são concluídos os detalhes, ligações, listas de materiais, especificações de parafusos e chumbadores. Ao concluir essa fase são iniciados os projetos de fabricação, onde cada peça é detalhada e separada de acordo com sua classificação, desta forma será enviada para o setor de produção executar os trabalhos, seguindo as orientações do detalhamento da estrutura.

A elaboração dos projetos de fabricação é caracterizada por um curto período de tempo, desta forma os erros originados desta etapa ocasionam em retrabalhos, perda de material e atrasos na montagem. O setor de projeto sofre pressões devido a responsabilidade e também pela agilidade na liberação das peças detalhadas.

Na construção de um edifício uma gestão de qualidade é baseada na participação de todos os profissionais de cada disciplina, do oposto acima, com a baixa comunicação entre os profissionais e a demora para acontecer a compatibilização dos projetos se torna um transtorno, pois a mesma já está em andamento. Para garantir a satisfação do cliente e da facilidade de execução, o arquiteto pode desenvolver soluções no projeto arquitetônico visando a economia no uso da estrutura metálica com o auxílio do projetista estrutural.

Além das questões discutidas, os prazos para desenvolver os projetos são considerados insuficientes para desenvolver uma solução ótima, com relação aos atrasos o mesmo é observado com adaptações, revisões e retrabalhos na etapa de projeto. A falta de comunicação, qualificação e padronização dos projetistas sobrecarrega o verificador de projeto.

A utilização de *softwares* eletrônicos possibilita maior produtividades na atividade, desta forma o desenvolvimento dos projetos por meio de ferramentas computacionais resulta em maior controle entre as interfaces, no entanto são necessários profissionais que possuem noção da execução de um empreendimento.

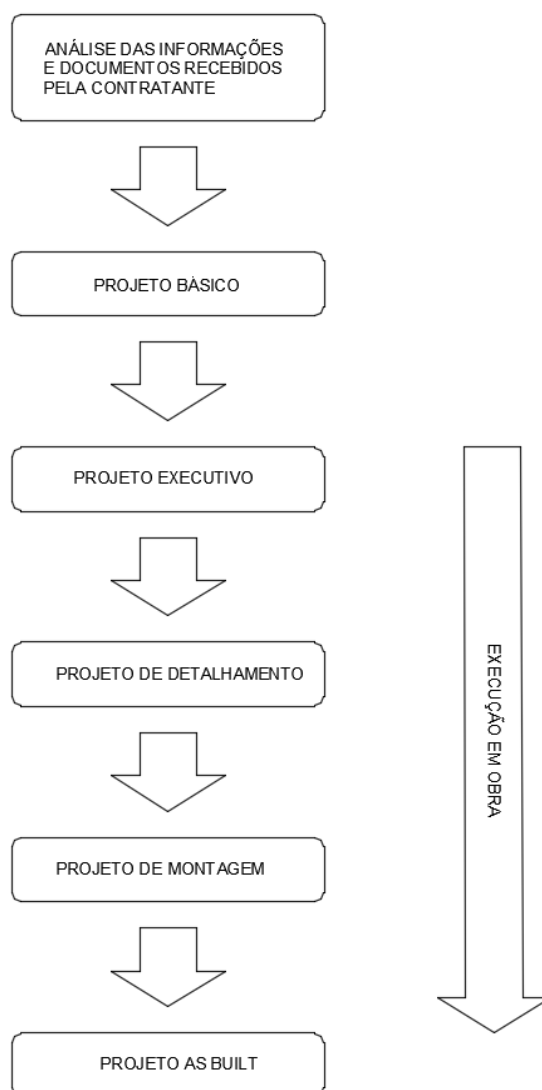
c) critérios de saída do projeto metálico.

Geralmente os critérios de saída do projeto acompanham os projetos de fabricação, projeto de montagem, lista de materiais e acessórios. Para o envio para o cliente, seguem o padrão da empresa contratante, de acordo com as orientações das normas ABNT, ou seja, projetos são impressos em formato A1, memórias de cálculo e demais especificações seguem no formato A4. A empresa em estudo afirma que o desenvolvimentos dos projetos

em modelo 3D com a utilização de *softwares* computacionais facilita a compatibilização tornando mais rápida a visualização das interferências entre os projetos das demais disciplinas do empreendimento em sua totalidade.

O projeto *as built* é a forma de atualizar as modificações incorporadas durante o desenvolvimento da obra no projeto executivo. A contratação deste serviço é prevista inicialmente em contrato. A Figura 49, representando o fluxograma do processo.

Figura 49: Fluxograma do projeto as built.



Fonte: Autor (2021).

4.7.5 Processos organizacionais do projeto

A comunicação entre os projetistas do empreendimento durante a execução dos projetos nem sempre acontece, segundo Melhado & Cambiaghi (2006) as falhas relacionadas a falta de comunicação internas e externas devem ser registradas, através dos registros será possível cumprir as solicitações devidamente no prazo determinado. As comunicações através de telefonemas e e-mails são registradas pela empresa em estudo conforme Figura 50, referente as informações e esclarecimentos de projeto.

Figura 50: Informações e esclarecimentos.

INFORMAÇÕES E ESCLARECIMENTOS						
OBRA: LABORATÓRIO ÉTICOS			PEDIDO: 10-901051-P00			
Empresa	Sí N°	Data de Solicitação	Assuntos/dúvidas	Status	Data de recebimento / resposta	Responsável recebimento / resposta
X	1	21/12/2015	Faltou informar o diâmetro dos parafusos na ligação 05.	OK	21/12/2015	Y
X	2	21/12/2015	No eixo B com 2/16 é ligação 04 entre pilares e vigas, mas interfere com o pontalete da platibanda.	OK	21/12/2015	Y
X	3	21/12/2015	Favor analisar nossa sugestão para fixar os contraventos no eixo "F" entre 23/26. Foi necessário deslocar pois a terça está afastada do eixo apenas 100mm.	OK	22/12/2015	Y
X	4	21/12/2015	Veja nossas dúvidas na segunda página da MC4.	OK	22/12/2015	Y
X	5	23/12/2015	Veja nossa dúvida referente ao detalhe 15 da memória de cálculo. O pilar se apresenta rotacionado de maneira diferente. Situação e sugestão em anexo. Analisar também interferência dos pilares com a viga de cobertura.	OK	23/12/2015	Y
X	6	23/12/2015	Favor analisar nossa sugestão para fixar os contraventos no eixo "B" entre 10/16. Colocamos um perfil "I" na mesa interna do pilar, deslocando os contraventos para dentro da obra pois interferiam com as terças de fechamento.	OK	23/12/2015	Y
X	7	23/12/2015	Favor analisar o gage de 100mm entre furos na viga em diagonal do mezanino.	OK	23/12/2015	Y
X	8	23/12/2015	Não colocamos o reforço superior no pilar do mezanino eixo 24/O, conforme pede a ligação 05, pois a viga do mezanino chega na alma e o reforço atrapalha.	OK	23/12/2015	Y

Fonte: Autor (2021).

5 CONCLUSÃO

Considera-se que foi possível elaborar uma metodologia de projetos para ser aplicada no detalhamento de estruturas metálicas, sendo seguidas as etapas de projeto, como: projeto básico, executivo, chumbação, detalhamento e montagem. Desta maneira foi possível responder à questão de pesquisa e atender ao objetivo do trabalho.

Constata-se que o planejamento pode ser dividido em três itens: sendo assim por primeiro a contratação da empresa que desenvolve o projeto estrutural, em segundo a escolha do tipo da estrutura metálica e por último a definição das premissas do projeto.

A limitação é de que o trabalho foi elaborado em uma única empresa do ramo de estruturas metálicas. Entretanto trouxe contribuições significativas para a área de projetos, onde foi possível estabelecer fluxogramas referentes as principais atividades, utilizar imagens ilustrativas e descrever detalhes a serem seguidos pelos projetistas. O trabalho também tem o propósito de capacitar os profissionais, fornecendo conteúdo didático para o desenvolvimento de suas funções, além de possibilitar o entendimento na execução de projetos mais completos em um tempo menor.

Com o *check list* foi possível analisar e verificar de forma apropriada cada etapa do processo de elaboração do projeto, aumentando a chance de sucesso na fase de encerramento.

Observa que em cada etapa foram elaboradas descrições que constituem na otimização das tarefas, com sua representação simplificada e técnica. Apresentando ao profissional de forma facilitada a execução das atividades. As figuras e detalhes se destacam permitindo melhor tradução nos exemplos, tornando possível a elaboração de projetos de estruturas metálicas, e assim contribuir para valorizar o sistema construtivo no setor da construção civil.

5.1 Considerações finais

Constata-se que diante do tema foi evidenciado que algumas metodologias recomendadas na literatura, aplicadas em detalhamento de estruturas metálicas não são suficientes para completar as necessidades do processo de construção metálica, sendo

assim as considerações insuficientes são: a) formação de profissionais multidisciplinares, cabe salientar que a proposta foi aplicada com base no desenvolvimento de projetos de estruturas metálicas, b) definição e escolha do sistema produtivo.

O sistema construtivo metálico deveria possuir uma norma vigente padronizando os procedimentos de fabricação, montagem e assim a padronização do detalhamento da estrutura, como resultado teríamos o acesso das informações pelos profissionais, e possuir a norma como orientação, sendo assim qualquer publicação após deve estar em conformidade com a mesma. Outra vantagem com relação aos fabricantes de estruturas metálicas seria a classificação das empresas de acordo com os parâmetros da norma, evitando produzir peças com baixa qualidade e imprópria para montagem.

Os *softwares* o CAD tem grande uso na elaboração dos detalhes em projetos metálicos, porém a rivalidade dos demais programas de modelagem, apresenta a capacidade em padronizar os desenhos e diminuir erros com a automação de algumas ferramentas.

Constata-se que foram alcançados os objetivos geral e específicos do trabalho.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros recomenda-se verificar junto a outras empresas do ramo de estruturas metálicas, quais são as melhores práticas utilizadas na atividade de projeto, visando qualificar ainda mais o estudo.

REFERÊNCIAS

ABECE, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL. **Manual de escopo de projetos e serviços de estrutura**. São Paulo, 2007. Disponível em <www.manuaisdeescopo.com.br>. Acesso em 22/09/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-10126: **Cotagem em desenho técnico**. Rio de Janeiro. ABNT, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-8800: **Projeto de Estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios**. Rio de Janeiro. ABNT, 2008.

BAUERMAN, M. **Investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos de aço**. 2002. 269p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Ouro Preto, 2002.

BELLEI, Ildony **Hélio Edifícios industriais em aço- Projeto e cálculo**. 6. Ed. - São Paulo: Pini, 2010 502 p.

CASTRO, E.M.C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. 1999. 202p. Dissertação (Mestrado em Construção Metálica) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

MORAES, F. R. de. **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica – uma visão segundo a nova filosofia de produção**. 200. 244 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2000.

GUARNIER, Christine R.F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**. 396p. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Ouro Preto, 2009.

JORDÃO, R. V. D., Pelegri, F. G., Jordão, A. C. T., & Jeunon, E. E. (2015). Fatores críticos de sucesso na gestão de projetos: um estudo de caso numa grande empresa latino-americana de classe mundial. *Gestão & Produção*, 22(2), 280-294. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X1091-13>. [Links]

MACIEL, L. L.; MELHADO, S. B. **Qualidade na construção civil: fundamentos**. São Paulo: EPUSP, 1996. 23 p. TT/PCC/15. Texto técnico.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para a garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. 1996. 396 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996.

MELHADO, S.B., CAMBIAGHI, H. **Programa setorial da qualidade e referencial normativo para qualificação de empresas de projeto**. 2006. PCC, Universidade de São Paulo, São Paulo. 38p.

Ministério da Indústria e do Comércio. **MBCEM - Manual Brasileiro para Cálculo de Estruturas Metálicas**. Volume I. Brasília. Graphilivros Editores Ltda. 1989. 416p.

MORAES, F. R. DE. **Uma contribuição ao estudo do processo de projeto de empreendimentos em construção metálica – uma visão segundo a nova filosofia de produção**. 2000. 244p.

NOVAES, C. C. **Diretrizes para a garantia da qualidade do projeto na produção de edifícios habitacionais**. 1996. 396 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996.

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Guia PMBOK®: Um Guia do Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK) /Project Management Institute**, Sexta edição, Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017. | Serie: Guia PMBOK | Inclui referências bibliográficas e índice.

RAAD Jr, A. A. **Diretrizes para fabricação e montagem das estruturas metálicas**. 1999. 218p. Dissertação (mestrado em Construção Metálica). - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999.

REBELLO, Yopannan C. P. **Concepção estrutural e arquitetura**. São Paulo. Editora Ziguarte.200.

STARLING, C. M. D. **Estrutura e propriedades mecânicas durante e após incêndios da solda de aços resistentes ao fogo para a construção civil**. 2000. Tese de Doutorado. Departamento de engenharia metalúrgica, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2000.

SAIA, R.. **Proposta de classificação para a tipologia de produção Engineer to Order e definição das melhores práticas de manufatura em tais ambientes**. 174 f. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (EESC-USP). São Carlos – SP. 2013.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. rev. atual – Florianópolis: UFSC, 2005.

TEIXEIRA, R. B. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas**. 2007. 248 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007.

VARGAS, R. V. **Gerenciamento de Projetos: Estabelecendo Diferenciais Competitivos**. 7 ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
01/aulas/www.linux.ime.usp.br/hvila/mac339/tema8.html. Acesso em: 14 setembro 2020.