

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME NOGUEIRA LÚCIO

AYRON PEDRO PORTES CARNEIRO B. DE FARIA

**ESTUDO DE CASO DA ANÁLISE COMPARATIVA DE
PROJETO DE ESTRUTURA MISTA E ESTRUTURA
METÁLICA - GALPÃO COMERCIAL EM ANÁPOLIS-GO**

ANÁPOLIS / GO

2019

GUILHERME NOGUEIRA LÚCIO
AYRON PEDRO PORTES CARNEIRO B. DE FARIA

**ESTUDO DE CASO DA ANÁLISE COMPARATIVA DE
PROJETO DE ESTRUTURA MISTA E ESTRUTURA
METÁLICA - GALPÃO COMERCIAL EM ANÁPOLIS-GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: AURÉLIO CAETANO FELICIANO

ANÁPOLIS / GO: 2019

FICHA CATALOGRÁFICA

LÚCIO, GUILHERME NOGUEIRA
PEDRO, AYRON PORTES

Estudo e análise comparativa entre estrutura mista / estrutura metálica

56P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - Uni Evangélica

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| 1. Aço / Estrutura de aço | 2. Estrutura de concreto |
| 3. Comparativo | 4. Construção Aço/Concreto |
| I. ENC/UNI | II. Bacharel (9º) |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

LÚCIO, Guilherme Nogueira. Estudo de comparação entre estrutura mista / estrutura metálica dentro do canteiro de obras. TCC, Curso de Engenharia Civil, Uni Evangélica, Anápolis, GO, 40p. 2019.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DOS AUTORES: Guilherme Nogueira Lúcio e Ayrton Pedro Portes Carneiro Bernardes de Faria

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO:
Estudo de caso da análise comparativa de projeto de estrutura mista e estrutura metálica residencial.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

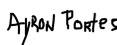
ANO: 2019

É concedida à Uni Evangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Guilherme Nogueira Lúcio

E-mail: guilhermenogueira62@hotmail.com



Ayrton Pedro Portes C. Bernardes de Faria

E-mail: ayronportes@gmail.com

GUILHERME NOGUEIRA LÚCIO
AYRON PORTES PEDRO CARNEIRO B. DE FARIA

**ESTUDO DE CASO DA ANÁLISE COMPARATIVA DE
PROJETO DE ESTRUTURA MISTA E ESTRUTURA
METÁLICA - GALPÃO COMERCIAL EM ANÁPOLIS-GO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:

AURÉLIO CAETANO, Especialista (UniEvangélica)
(ORIENTADOR)

NOME DO MEMBRO DA BANCA, titulação (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

NOME DO MEMBRO DA BANCA, titulação (UniEvangélica)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 22 de OUTUBRO de 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelo dom da sabedoria, pelas forças para enfrentar qualquer obstáculo proposto, pela saúde e oportunidade que me coube.

Agradeço ao meu orientador e amigo Aurélio Caetano, que dispôs de tempo e dedicação para compartilhar conhecimentos e ensinamentos sobre o tema proposto, avaliando e seguindo cada passo deste trabalho de forma mais flexível.

Aos meus amigos acadêmicos e amigos que também dedicaram a esclarecer dúvidas, desejar apoio e contribuíram para a realização deste.

Meus familiares que me deram todo o suporte para a minha graduação, toda base fundamental para que forças maiores não comprometessem meus estudos, e assim podendo concluir com êxito este trabalho e a formação acadêmica.

Guilherme Nogueira Lúcio

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus que nos deu força e entendimento para realizar nosso trabalho.

A universidade juntamente com seu corpo docente que nos orientou e capacitou para chegarmos onde estamos.

A nosso orientador Aurélio que nos deu apoio e suporte pelo pouco tempo que lhe coube, pelas orientações e correções essenciais para a execução do trabalho.

Meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicionalmente.

Aos amigos de sala que estiveram nessa jornada, e fizeram parte da nossa formação, nosso muito obrigado.

Ayron Pedro Portes

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Primeira ponte de ferro fundido sobre o Rio Severn	12
Figura 2 - Estrada construída em Roma com base de concreto e camadas de pedras.	12
Figura 3 - Modelo de maquete <i>Coliseu em Roma</i>	16
Figura 4 - Muro Romano Palestrina	17
Figura 5 - Concreto leve estrutural.	19
Figura 6 - Modelo esquemático ensaio compressão.	20
Figura 7 - Gráfico da curva de teste de resistência à compressão.	21
Figura 8 - Ilustração viga de concreto exposto à tração.	22
Figura 9 - Ensaios normalizados para tração.	23
Figura 10 - Módulo de Elasticidade.....	23
Figura 11 - Módulo de deformação Tangente Inicial.	24
Figura 12 - Estrutura convencional de concreto armado.	25
Figura 13 - Ilustração tipos de pilares.....	27
Figura 14 - Tipos de Lajes (a) Laje maciça (b) Laje Cogumelo (c) Laje nervurada (d) Laje treliçada (e) Laje alveolar.	29
Figura 15 - Estrutura de aço sendo executada	31
Figura 16 - Conversor de Bessemer, diagrama esquemático.....	32
Figura 17 - Gráfico Tensão x Deformação.	34
Figura 18 - Modelos de perfis soldados e laminados.	35
Figura 19 - Tipos de hastes (a) tirante (b) coluna (c) viga (d) torção.	35
Figura 20 - Tipos de treliça convencional	36
Figura 21 – Obra A.....	38
Figura 22 – Quadro de áreas	39
Figura 23 – Planta de orientação e situação.....	39
Figura 24 – Modelo dos pilares e vigas utilizados	41
Figura 25 – Superestrutura executada na obra.....	41
Figura 26 – Estrutura e cobertura em fase de acabamento	42
Figura 27 – Projeto em vista 3D	44
Figura 28 – Corte vista cima entrada frontal estrutura 1 x estrutura 2	47
Figura 29 – Corte lateral comparativo estrutura 1 x estrutura 2	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades do aço

Tabela 2 – Utilização dos perfis

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

A/C	Relação água e cimento
CAD	Concreto de Alto Desempenho
CAR	Concreto de Alta Resistência
CP	Cimento Portland
ELS	Estado de Limite de Serviço
ELU	Estados de Limites Último
IBDA	Índice Brasileiro de Desenvolvimento da Arquitetura
NBR	Norma Brasileira

LISTA DE FORMULAÇÕES

(1)	18
(2)	22
(3)	23
(4)	24
(5)	24
(6)	24
(7)	25
(8)	25

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	JUSTIFICATIVA	13
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	METODOLOGIA.....	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	CONCRETO ARMADO.....	15
2.1	DEFINIÇÃO.....	15
2.2	HISTÓRIA.....	16
2.3	PROPRIEDADES E MECANICAS.....	19
2.3.1	Compressão.....	19
2.3.2	Tração.....	21
2.3.3	Módulo de elasticidade.....	23
2.4	ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	24
2.4.1	Vigas.....	24
2.4.2	Pilares	26
2.4.3	Lajes	29
3	ESTRUTURA METÁLICA – AÇO.....	30
3.1	DEFINIÇÃO.....	30
3.2	HISTÓRIA.....	31
3.3	PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	32
3.4	ELEMENTOS ESTRUTURAIS	34
4.	ESTUDO DE CASO	38
4.1	PROJETO 'OBRA A'.....	39
4.2	SISTEMA CONSTRUTIVO UTILIZADO NA OBRA	40
4.3	ORÇAMENTO (PILARES E VIGAS)	43
5.	PROPOSTA DO MÉTODO CONSTRUTIVO ALTERNATIVO.....	44
5.1	PROJETO.....	44
5.2	ORÇAMENTO.....	56
5.3	ANÁLISE DE DADOS	56
6.	CONCLUSÃO.....	48

ANEXO 1 – Projeto Arquitetônico	52
ANEXO 2 – Projeto Estrutural	53
ANEXO 3 – Modelo Tesoura	54
ANEXO 4 – Orçamento cedido pela empresa responsável da obra.....	54
APÊNDICE 1 – Corte frontal do projeto cype3d	55
APÊNDICE 2 – Corte lateral do projeto Cype3D.....	55
APÊNDICE 3 – Detalhamento ligação – TIPO 1	56
APÊNDICE 4 – Detalhamento ligação parafusada	56
APÊNDICE 5 – Ligação de canto – Tipo 2	57
APÊNDICE 6 – Detalhamento ligação – Tipo 3.....	58
APÊNDICE 7 – Detalhamento placa de ancoragem	59
APÊNDICE 8 – Deformação nas barras	61
APÊNDICE 9 – Orçamento perfis e conectores.....	61

1. INTRODUÇÃO

É líquido e certo que o planejamento é uma das etapas mais importante da obra, antes de dar início a qualquer execução, tudo deve ser pensado para que o mínimo de perdas ou máximo de aproveitamento seja mantido fixo. Na construção, o baixo custo e uma qualidade de serviço é um fator significativo que engloba a escolha do material, mão de obra e recursos que serão utilizados. Pensado nisso, cada etapa da obra deve ser pensada para manter a eficiência e os baixos custos seguindo os padrões exigidos pelo cliente.

O passo fundamental é a escolha da estrutura, que podem ser concreto armado, estruturas metálicas ou estrutura mista. Fato é que ambas têm características diferentes, aspectos positivos e negativos com a aplicação na ocasião certa para o mais viável serviço. Os fatores levados em conta são a execução, enquanto uma é fabricada no canteiro de obras a outra é fabricada externamente, tempo de preparo de cada material, local de armazenamento e montagem, mão de obra, prazos de entrega e os mais importantes, custo financeiro e resistência. Embora as vantagens da estrutura de aço sejam mais viáveis por conta da maior resistência, peso, baixo da estrutura, esbeltes dos perfis, e capacidades de suportar vãos maiores, este método construtivo está sendo bem utilizado por conta de sua flexibilidade e a eliminação das limitações, dando liberdade para criação, já que outros métodos ainda restringem algumas ideias. Porém a escolha pela estrutura de concreto ainda é mais preferida no mercado, dando espaço para novas pesquisas e adaptações de melhorias do aço, que passara por uma revolução na construção civil.

De acordo com Teobaldo 2004, as construções antigas começaram a ter o aço embasado na sua história por volta do século XII na forma de tirantes e pendurais de ferro fundido como peças auxiliares para elementos de madeiras. Logo vieram os telhados com sistemas mais simples e análise em fase inicial, pouca sabedoria estática. A duas primeiras pontes construídas tendo como arcos ou treliçados de ferro fundido em sua forma foi em uma ponte situada na Coalbrookdale, onde a estrutura sustentam um vão central de 30 m e a de Wearmouth, com arco tri articulado de 70 m de vão ambas na Inglaterra construída por volta do século XVIII.

O concreto armado, um dos sistemas de estruturas mais utilizados na construção civil obtém também uma vasta variedade de aplicações e tipos de materiais, sendo aderidos em pontes, casas, edifícios, barragens dentre outras construções em gerais. Segundo *Ibero-americana de Hormigón Premesclado* (FIHP) são consumidos aproximadamente 11 bilhões de toneladas de concreto, cerca de 1,9 toneladas por habitante por ano. (PEDROSO, 2009, *apud*, DIAS, Aniel, 2017).

A necessidade de buscar novos horizontes também se dá para o concreto, porém a

briga pelo mercado vem mostrando que a preferência virá para o que mais mostrar desenvolvimento e progresso para melhorias do material, deixando claro as vantagens e contra tempos desnecessários.

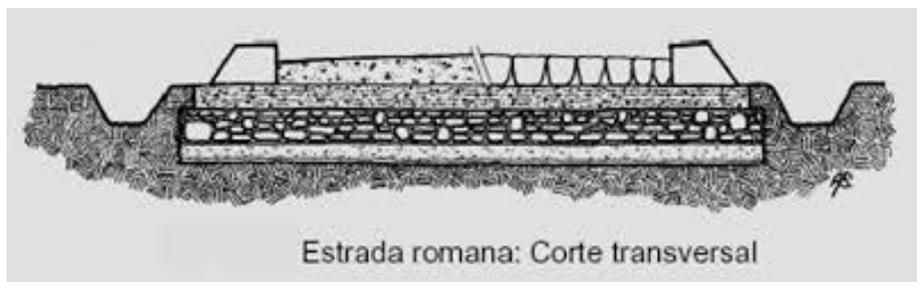
Contudo, este trabalho visa mostrar um estudo e análise comparativo, dando possibilidade de conhecer e entender as características autorais de cada material e a melhor forma de aplicação atual, os pontos positivos de a tecnologia buscando inovações e melhorias para ambos métodos.

Figura 1 – Primeira ponte de ferro fundido sobre o Rio Severn, localizada na Inglaterra.



Fonte: <https://www.sites.google.com/site/acoufmg/home/historico/> / 2019

Figura 2 – Estrada construída em Roma com base de concreto e camadas de pedras



Fonte: Cimento.org, 2018

1.1 JUSTIFICATIVA

Devido à vasta área de aplicação e atuação na construção civil, a busca por definir o ramo profissional e área de domínio se orienta no padrão acadêmico, tendo como princípio a adaptação em determinado assunto visto em sala ou viabilidade econômica onde é definido por aquilo que mostra uma crescente de significância no mercado. Pensando nisso, este estudo teve como foco mostrar duas estruturas mais usadas no mundo ampliando os conceitos de cada uma delas, e mostrando os pontos de mais relevância, esclarecendo as informações e fatos que proporciona um suporte para quem hesita algumas das estruturas, facilitando a decisão e a escolha exata da área.

Segundo (Carvalho 2011), com os avanços de mudanças nos processos construtivos, e as ascensões de concorrências, torna-se requisito a mão de obra especializada, a adequação das empresas no mercado e um planejamento de obras mais preciso para obter um serviço de qualidade e maior produtividade. Isto inclui estudos focados em todas as etapas de uma obra, onde o profissional deve já apresentar ao cliente o melhor caminho desde a escolha do método construtivo até a fase final de acabamento da obra.

Essa área de planejamento inclui viabilizar estudos técnicos, execução mais detalhada e específica, prazos que está diretamente ligada aos custos e protocolar todo o cronograma da construção de acordo com o sistema adotado pela equipe e cliente. (FAGUNDES, 2013)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Analisar por meio de um estudo de caso e uma modelagem computacional, o comparativo de projeto estrutural de um galpão industrial em estruturas mistas localizado na cidade de Anápolis - GO com um galpão em estruturas metálicas modelado no software CYPE 3D e apresentar seu desempenho estrutural e parâmetros de custos financeiros orçamentários.

1.2.2 Objetivos específicos

- Apresentar um estudo contextual histórico do concreto armado e estrutura metálica;

- Fornecer informações de estudos das características dos materiais de concreto armado e aço;
- Expor as vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos em concreto armado e elementos metálicos em caráter de projeto e execução;
- Apresentar uma análise comparativa de projeto da edificação mista do estudo de caso com uma estrutura exclusivamente metálica;
- Apresentar uma análise de custos comparativa do sistema construtivos envolvidos no estudo de caso e na proposta estrutural apresentada.

1.3 METODOLOGIA

Por meio da apresentação de um estudo de caso da obra de um galpão comercial redigida pela empresa de nome fictício ENGEMAIS, localizada em Anápolis – GO que apresenta seus elementos estruturais em estruturas mistas de concreto armado e estruturas metálicas, apresentar – se – á uma proposta de projeto estrutural em estruturas metálicas exclusivamente. Evidenciando a variabilidade dos parâmetros geométricos e mecânicos da estrutura mista aplicados diretamente à estrutura de aço, com auxílio da ferramenta computacional CYPE CAD 3D. Através da apresentação de projetos estruturais da edificação em estudo e relatório fotográfico dela, será feito um comparativo em estruturas metálicas da edificação. Com isso, é entendido os benefícios ou não da escolha do sistema construtivo escolhido, aplicados a proposta desta edificação, e até que ponto pode-se ser explorado tais parâmetros envolvidos.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho foi dividido em capítulos onde trata mostrar por etapas o conteúdo acolhido, mantendo a relação e a organização de cada passo. Os objetivos e a introdução do tema, histórico, justificativa, e um breve resumo, se encontra no primeiro capítulo onde se baseia um início para entender o tema tratado.

Já o capítulo 2 e 3 apresenta uma das partes de relevância do trabalho, mostrando os fundamentos dos materiais citados, suas composições, história, propriedades, o mercado e a

escolha de cada um, todo o contexto já conhecido quanto a questão de informações e parte executiva de toda a pesquisa.

O trabalho chega no seu objetivo no capítulo 4, onde é apresentado a obra estudada, todo o método construtivo existente e informações colhidos da própria empresa responsável, dando início ao estudo de caso. Logo depois o capítulo 5 apresenta o método alternativo, onde foi elaborado um projeto pelo programa e passado os resultados obtidos de projetos e orçamentos, onde foi feito uma análise comparativa e demonstrativa.

Por fim o capítulo 6 apresenta as conclusões de todo o trabalho desenvolvido, os pontos viáveis e não viáveis para a construção, e detalhamento de dados recolhidos do sistema proposto.

2. CONCRETO ARMADO

2.1 DEFINIÇÃO

A definição superficial do concreto armado pode ser afirmada como estrutura plástica que adere forma e consistência após um determinado tempo, sendo capaz de resistir a cargas e esforços. É uma mistura que une armações de barras de aço e componentes de (CP) cimento Portland, agregados, água, e em alguns casos aditivos que podem alterar alguma propriedade para avançar algum processo. O concreto em si é um ótimo resistente à compressão, porém nos locais tracionados pode haver fissuras e rompimento frágil, sendo que o aço tem o comportamento resistente sobre a tração, tornando uma estrutura única de propriedades diferentes, mas com a finalidade uniforme. (BORGES 2010)

Usualmente aderido em fundações, vigas, pilares, lajes, e em construções convencionais, a sua desenvoltura abraça várias áreas de aplicações, contudo as vantagens e benefícios servem de parâmetros para novos espaços e usos. A NBR 6118 (ABNT, 2004) regem os critérios gerais das construções desse tipo de estrutura complementando à outras normas as estruturas específicas. Há também outras definições específicas para elementos de concreto, armaduras passivas e ativa, juntas de dilatação e a união de todos citados definidos pela a norma do concreto armado.

2.2 HISTÓRIA

Segundo (MOLITERNO 1995), afirma que através da evolução e decorrente progressos da tecnologia, a prática de execução e métodos de cálculo das propriedades dos materiais foram aperfeiçoadas. Assim, das enormes construções de pedras sólidas até imensos prédios, se dá pelos avanços metalúrgicos que desenvolvem estruturas protendidas e edificações de aço leves e a progressão de blocos cerâmicos de concreto.

O cimento tem sua história inaugurada no mundo em 12.000.000 a.C. por Israel, com indícios de uso de cimento natural. Logo após pelos Mediterrâneos e os da Costa Atlântica, que na idade do bronze, começaram a surgir as construções de pedras, 4.000 a.C. pelo Iraque e logo a Arquitetura Mesopotâmia introduziram tijolos cozidos para sustentar câmaras e pirâmides de faces (KAEFER, 1998).

No Império Romano os muros eram erguidos através da mistura de pedra mais concreto e logo diversas construções em Roma começaram a se erguer. A cal foi bastante usual como produto cimentício, diferenciando dos Gregos, usavam também em sua arquitetura tijolos cozidos que trouxe conjunto novas ideias técnicas. As ideias de fundação deixaram claro o entendimento dos romanos quanto as plataformas de cimento, onde foram capazes lançar fundações sob a água, onde hoje se originou a cidade de *Ostia*, principal porto comercial de Roma, e a grande construção do *Coliseu* com um anel onde apoia a estrutura com 12m de fundação (**Figura 3**), ambas com técnicas em Radiers para escapar dos problemas gerados pelo solo, uma vez que os solos arenosos predominavam a região. (MARK, 1993)

Figura 3 – Modelo de maquete *Coliseu em Roma*, exemplo de fundação Radiers



Fonte: Turbosquid, 2013

Figura 4 – Muro Romano Palestrina, mistura de cimento e pedra



Fonte: Zanner, 2007

Mark também apontou em seu trabalho que após vestígios do cimento estar presente não por completo mas parcialmente, as construções antigas mostram que a união com pedras e rochas definiam a arquitetura gótica, e o início do concreto armado começou a ser entendido após uma descoberta de um gesso francês que patenteou um sistema de lajes nervuradas onde pode-se notar os princípios básicos e da união de cabos tracionados nas regiões das vigas, em 1854, por Willian B. Wilkinson. Depois disso o ramo da construção começou a ser visto de forma diferente, buscando sempre aperfeiçoamento da união concreto e aço. Pouco mais tarde o cimento Portland teve o início de sua composição atualmente conhecida.

Devido à pertinência em aprimorar e sempre buscar a evolução e melhorias para determinados materiais, o concreto tem seu contexto histórico escrito por descobertas graças ao trabalho de vários homens, que se alinharam sob um propósito de busca em aperfeiçoar e lapidar técnicas e métodos que envolva o máximo de eficiência. Por sempre haver a concepção de moradia, essa busca pela melhor performance e adaptação se dá pelas construções ao longo da história, que vem tentando sempre investir em comodidade, precisão e inovações tecnológicas que são capazes de conhecer e criar cada vez mais métodos inovadores. Segundo o trabalho de Kaeyer a história do concreto armado não começou no século passado, mas com a própria civilização humana, pois a partir do momento que o homem existe sobre a terra, ele tem a necessidade básica de morar e morar melhor a cada dia.

De acordo com (Bastos, 2006) O primeiro arranha-céu com sua estrutura de concreto armado foi construído em 1903, no Estados unidos. O Ingalls Building, foi um enorme marco para a

engenharia onde embalou um caminho promissor de construções de edifícios com estrutura de concreto armado. Embora as ineficiências começaram a aparecer através de falhas de projeto, execução, escolha do material, normas e práticas começaram a ser desenvolvidas por agências governamentais. Com tudo a construção do edifício foi um grande marco, sucedendo um grande avanço nas ideias de aço torcido como reforço e baseando no conceito Ernest L. Ransome para ser usado nas futuras construções de concreto armado. O concreto estava provando ser um excelente material resistente ao fogo através de seu uso em fábricas e fornecendo sustento durante incêndios nessas instalações.

Com isso, as inovações e métodos que apresentavam mais eficiência nas construções foram se aprimorando e modelando para que o concreto armado fosse abraçado pelos construtores, como as técnicas de reutilização da cofragem, bombeamento, mistura e a evolução dos aditivos. Houve também evolução na sua composição (Figura 5), alguns baseados de argila expandida e com a utilização de agregados extremamente leves e de baixa densidade como o poliestireno, perlita e vermiculita, foi possível a produção de um concreto leve que permite construções mais altas e menos pesadas, onde o custo é compensado já que gera benefícios de economia em fundações e pilares. O concreto de alta resistência (HSC ou CAR), definido por atingir alta resistência em pouco tempo por ter uma relação água cimento (A/C) baixa, aditivos que expulsam os vazios e a água, preenchendo os poros deixando-o mais compacto, pouco volume e grande resistência, empregado em lugares que receitam bom aproveitamento de área útil e diminuído as sessões.

Dados da empresa Votorantim em 2018, conceitua que concreto de alto desempenho (CAD) busca em sua característica suportar cargas elevadas, porém é indicado em obras que requer um curto prazo e necessidade de uma super estrutura, uma vez que o preço inicial é bastante alto.

Figura 5 – Concreto leve estrutural

Fonte: Laterlite, 2015

2.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS DO CONCRETO

Todo material tem comportamentos, propriedades físicas e mecânicas autorais, porém todos exercem uma maior desenvoltura para a característica adequada e a melhor performance para determinado serviço. O concreto por sua vez, consegue apresentar essas propriedades através de ensaios e testes executados em condições específicas onde determina a qualidade e especificações à norma e mostra aspectos numéricos onde obtém resultados e amostras.

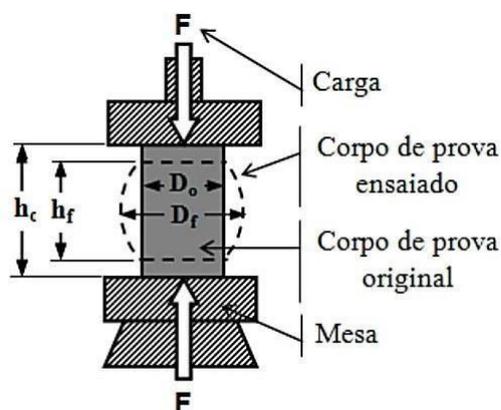
As propriedades mecânicas do concreto é sua alta resistência à compressão e módulo de elasticidade, sua massa específica normal (ρ_c) entendida na faixa varia de 2000 kg/m^3 e 2800 kg/m^3 , cuja adoção para cálculo seja de 2400 kg/m^3 para concreto simples e 2500 kg/m^3 para concreto armado. (LÍBANIO, 2010).

2.3.1 Compressão

Compressão pode ser entendido como qualquer força aplicada em um corpo afim de unir ou aproximar as partes comprimindo uma determinada massa onde aplicada a pressão, com o intuito de diminuir o volume resultando em um sólido compacto. No cenário de atuação, o concreto apresenta eficiência de resistência absoluto a forças de compressão, sendo o principal meio de ideia físico, a receber todas as cargas exercendo o transporte de todo o peso da estrutura entre lajes, vigas, pilares e fundações. Com isso, será sempre submetido a várias cargas, uma delas são as cargas de compressão, sendo indispensável a execução de ensaios e testes para

averiguar sua resistência. Consolidando a mais importante característica do concreto, esse ensaio à compressão simples (f_c) é estimado através de ensaio normamentado pela NBR 5738 – *Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto* e NBR 5739 – *Concreto – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos*, onde se guia todo o procedimento regendo o padrão correto de todo os materiais e etapas necessárias para a realização.

Figura 6 – Modelo esquemático ensaio compressão



Fonte: Biopdi, 2012

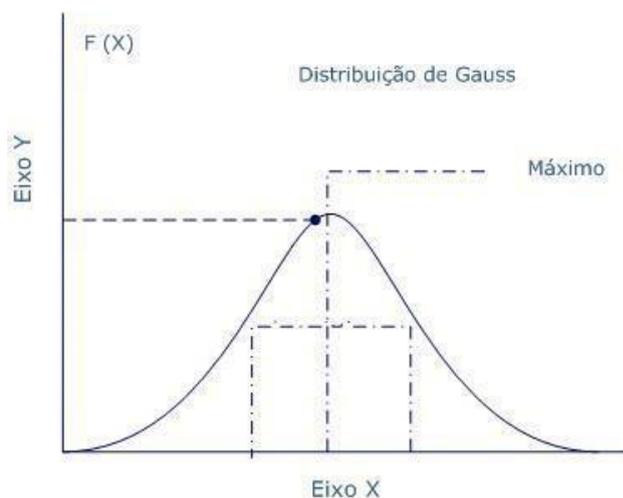
Após o ensaio e os corpos de prova estarem prontos, um gráfico desse ensaio denominado Curva Estatística de Gauss ou Curva de Distribuição Normal (Figura 7) pode ser obtido para encontrar valores como resistência média do concreto à compressão, f_{cm} , que é utilizado para encontrar o valor do f_{ck} , e resistência característica do concreto à compressão, f_{ck} , que encontra suas classes na NBR 8953, e definido por meio da fórmula:

$$f_{ck} = f_{cm} - 1,65s \quad (1)$$

Onde: f_{ck} : Resistência característica do concreto

f_{cm} : Resistência média do concreto

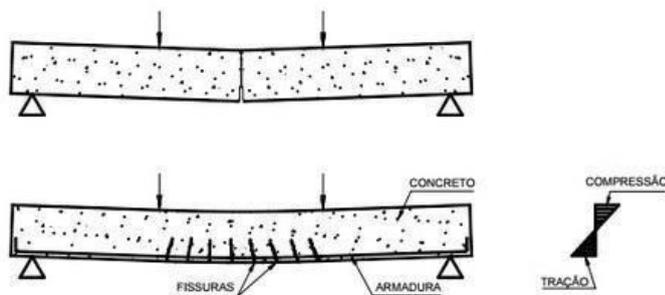
O s corresponde à distância entre a abscissa de f_{cm} e a do ponto de inflexão da curva. O valor 1,65 corresponde à apenas 5% dos corpos de-prova, onde possuem $f_c < f_{ck}$, ou, ainda, 95% dos corpos-de-prova possuem $f_c \geq f_{ck}$. (Pinheiro, Muzardo, Santos, 2004).

Figura 7 – Gráfico da curva de teste de resistência à compressão

Fonte: (Unicamp 2008)

2.3.2 Tração

É comum se enganar no conhecimento de que o concreto não tem resistência ativa e colaborativa ao receber esforços de tração encontrando fragilidade nessas zonas e quando submetidos a esses esforços, ele apresenta fragilidade em combater essa ação. Porém, essa propriedade tem uma importância bastante significativa na estrutura, onde ocorre o engano de ser não ter nenhuma resistência. Uma vez que comparados a ligas metálicas, onde encontramos um elemento homogêneo, sólido e sem pontos de fraqueza, é proposto um comportamento bastante solvente e dissolúvel de combate à esses esforços, já o concreto consegue impugnar de forma significativa porém bem menor do que à esforço de compressão, atuando com concentração e desempenho maior em partes que comprimem e não em que tendem à separar a peça. (BASTOS, 2006).

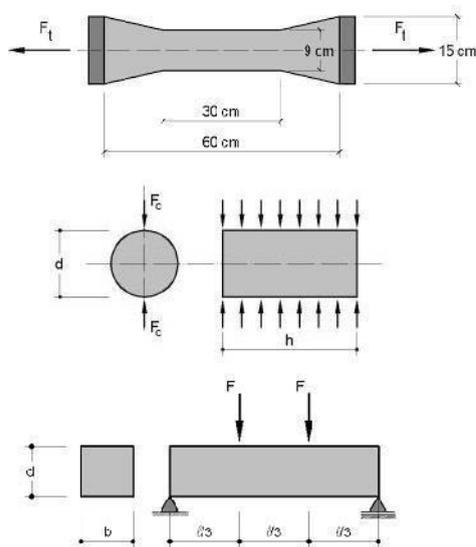
Figura 8 – Ilustração viga de concreto exposto à tração

Fonte: (Rodrigues, 2016)

Com base nas informações de Andrade 2017, isto se dá porque o composto do concreto, agregado graúdo, tem em toda sua superfície uma camada de película formada para os fios de água que mede aproximadamente 0,01 mm a 0,05 mm que o deixa diferente de todo o resto da mistura, chamada de zona de transição. Quanto maior a relação água cimento (A/C), maior o tamanho dos cristais, resultando em um concreto mais poroso e vulnerável à microfissurações. Com isso, a peça não apresenta a resistência à tração, que tendem a separar e degradar a peça, igualitária e nem aproximado a forças de compressão, que proporciona o efeito contrário. Portanto a estrutura de concreto armado une o maior resistente à compressão (cimento), e o de tração (aço), tornando um material sólido em forma de mistura, com camadas visíveis de heterogeneidade e resistente as todos os esforços solicitados.

Diferente da compressão, os ensaios de tração apresenta uma analogia e dois conceitos de resultados relativos, tem-se a resistência média do concreto à tração, f_{ctm} , que uniformiza todas as médias da peça estrutural, e resistência característica, f_{ctk} , baseia no trabalho da resistência do estado de limite ultimo (ELU). Os três tipos de ensaio são o Tração direta compressão diametral e tração na flexão (Figura 9), respectivamente. (ARAÚJO, 2001).

Figura 9 – Ensaio normalizados para tração



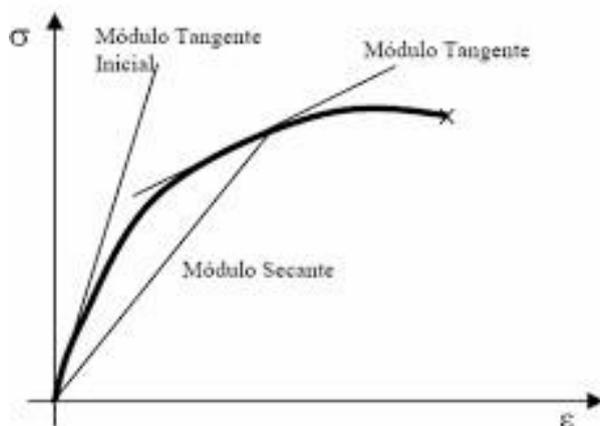
Fonte: (Libano,2017)

2.3.3 Módulo de Elasticidade

O módulo de elasticidade trabalha com a medição da deformação elástica e plástica de um material sólido, ΔL , e a relação com a tensão linearmente aplicada no corpo. Pode ser entendido pelos gráficos da razão entre a deformação e tensão do módulo de Elasticidade (Figura 10), para parte retilínea e o Módulo de Deformação Tangente Inicial (Figura 11) para quando não houver esse fenômeno. (LÍBANO, MUZARDO, SANTOS, 2004)

Figura 10 – Módulo de Elasticidade



Figura 11 – Módulo de deformação Tangente Inicial

Fonte: Bolsanello, 2014

2.4 ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM CONCRETO ARMADO

2.4.1 Vigas

As estruturas de concreto armado têm como um dos elementos de sustentação, a viga. Sua principal função é receber o carregamento proveniente de toda a parte superior da estrutura, em edifícios, pilares ou lajes, ou em construções convencionais, e transmitir para as camadas inferiores até toda carga da estrutura descarregar na fundação. Segundo Bastos, em sua apostila de complemento de estudo em Estruturas de Concreto, ele caracteriza que o formato das vigas são:

“Elementos lineares em que a flexão é preponderante.” (NBR 6118, 14.4.1.1). Elemento linear é aquele em que o comprimento longitudinal supera em pelo menos três vezes a maior dimensão da seção transversal, sendo também denominado “barra”.

Figura 12 – Estrutura convencional de concreto armado



Fonte: Zenollin, 2014.

Segundo (CHAMBERLAIN, 2001), seu dimensionamento se propõe em conhecer as ações que geram solicitações nas estruturas, que generaliza englobando em uma formulação de estudo das teorias de cálculo das estruturas onde:

$$F_d = \gamma_f F_k * S_d \quad (2)$$

Sendo: F: Resistência

F_k: Resistência característica do material
K: Valor característico

S_d: Resistência característica do concreto

Se diferenciando de quando há flexão simples que é empregado $F_d \rightarrow M_d$. São adotadas teorias para simulação de cálculo, obtendo apenas dados das características dos materiais e seção transversal, para casos de flexão simples tem-se f_{ck} (resistência do concreto) e f_{yk} (resistência da armadura). O fator de segurança verifica se a condição:

$$M_d \leq M_u \quad (3)$$

Onde: M_d: Momento de cálculo aplicado a seção

M_u: Momento último

Logo M_u corresponde à momento resistente último, determinado pela teoria apropriada. Entende-se também os tipos de ruptura à flexão, que acontece se A_s (área de aço) for pequena, havendo eminente por tração, se for grande acontece esmagamento do concreto. Em casos que A_s for “adequado” acontece uma ruptura avisada onde fissuras marcam o local tracionado seguido de escoamento da armadura. Os tipos de dimensionamentos para vigas normais ou tracionadas são as de seção retangular à tração, seção T, seção retangular com armadura dupla e em casos simples, dimensionamento ao cisalhamento, torções, arranjos de armaduras e verificação de flecha. Podendo assim concordar com a protocolação de Zacarias (2001), sobre esquemas estruturais que esforços finais de dimensionamento necessariamente:

“devem conter as envoltórias de solicitações. A “distância” entre as envoltórias, máxima e mínima, depende, basicamente, do valor relativo da carga acidental”

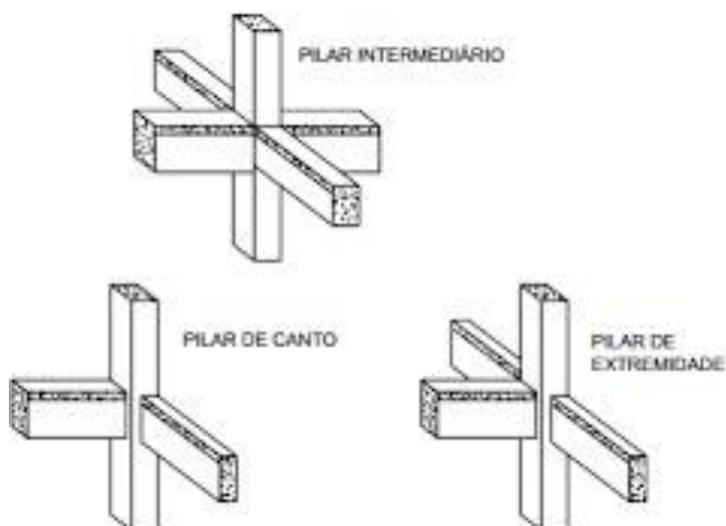
os vãos teóricos das vigas são utilizados no cálculo dos esforços solicitantes, com suas condições e estimativa do efeito do pilar de extremidade

2.4.2 Pilares

Os pilares são responsáveis por dar sustentação e garantia de estabilidade e resistência total da estrutura, sendo um transmissor e receptor das cargas das vigas até o descarrego nas fundações, com formato de pórticos. Definidos pela NBR 6118 (ABNT 2014), visto que nenhuma de suas dimensões podem ser menores que 19 cm, em alguns casos, valores entre 14 cm e 19 cm, e valor de esforços majorado por um coeficiente adicional.

Seu dimensionamento é baseado nas classificações, que é definido através de sua localização estrutural ou ocupação em planta, e índice de esbeltez. Os pilares podem ser classificados como pilares intermediários, nomeados por residir no interior da estrutura e apoiar vigas dos quatro lados; pilares de extremidade que contorna o pavimento e é submetido à flexão composta sob ações verticais; Pilar de canto propriamente dito, ocupa os vértices do pavimento submetidos à força normal de compressão. (GIONGO, 2009)

Figura 13 – Ilustração tipos de pilares



Fonte: Silva, 2016

De acordo (Giongo, 2009) Sabendo os dados característicos dos materiais utilizados, classes de projeto, condições de contorno, coeficientes, inicia-se o dimensionamento do pilar intermediário pela concepção estrutural onde as forças são majoradas e as resistências minoradas, onde é encontrado N_d , f_{cd} e f_{yd} .

As excentricidades iniciais agem quando há momentos iniciais nas direções x ou y e os calculados devido a fluência sendo eles de 1ª ordem, 2ª ordem e excentricidade acidental e excentricidades mínimas. O comprimento equivalente (l_e) vinculado as extremidades precisa ser o menor valor do somatório (l_o) face a face da laje piso e (h) face do pilar ou do (l) eixo a eixo dos pilares também em ambas as direções. O Índice de esbeltez é definido pelo calculado e o de referência onde respectiva fórmulas definem o comprimento de flambagem:

$$\lambda = \frac{\sqrt{12}}{h} \quad (4)$$

$$\lambda' = \frac{25 + 12,5 * \left(\frac{e_l}{h}\right)}{ab} \quad (5)$$

Onde:

l_e : Comprimento equivalente

h : Altura do pilar

el: Excentricidade de 1º Ordem

ab: Parâmetro do engaste do pilar (bi apoiado)

Quando o λ calculado é maior que λ' de referência tem efeito de 2ª ordem.

O cálculo das excentricidades acidentais considera as imperfeições geométricas locais e possível desvio do eixo da peça, uma vez que execução não seja exatamente rígida e perfeita, impõe-se esses valores adicionais ou mínimos na estrutura, conhecido como:

$$\theta = 1/(100\sqrt{H}) \quad (6)$$

$$\theta_{1, \text{mín}} = 1/300 \quad (7)$$

Onde: θ : excentricidade

Por fim, após todos os valores e cálculos das excentricidades encontrados, a área do aço (A_s) é definida por formulação com a utilização das forças minoradas e majoradas, dando início ao detalhamento das armaduras.

Outros tipos de pilares seguem os mesmo princípios e aplicações, porém com algumas mudanças. Pilares de extremidade utiliza o cálculo da viga nas direções engastadas com trabalho do momento fletor inicial ($M_{supemeng}$) e análise das excentricidades de topo, base e centro. Intermediários contém itens no detalhamento como menor seção (14cm), armadura θ longitudinal onde:

$$\rho = \left(\frac{a_s}{ac}\right) \quad (8)$$

Sendo: A_s : área de aço

A_c : área da seção transversal

As mín, As máx, região de transpasse, diâmetro mínimo, distribuições das armaduras principais ao longo do perímetro, espaçamento mínimos entre as barras longitudinais, distribuição da armadura transversal, proteção contra flambagem, emendas de barras longitudinais, ancoragem básico e comprimento de ancoragem.

2.4.3 Lajes

Com as informações de (Cunha, 1998 *Apud* Gonçalves, Campos, 2016) As lajes fazem parte dos elementos de qualquer tipo de estrutura com o papel primordial em qualquer tipo de construção. Dão sustentos às paredes, cobertura ou teto e embasa também em pisos nas construções de mais de um pavimento, distribui carregamentos ali aplicados e é capaz de vencer grandes vãos dando mais espaço para o ambiente.

Segundo (CUNHA 1998):

Esta classificação se subdivide em 4 categorias, a saber: quanto à secção transversal (maciça, nervurada); quanto à execução (moldada *in loco*, pré-moldada); quanto ao apoio (em vigas/alvenaria estrutural, em pilares) e quanto à armação (aramada em uma direção, em duas direções).

Atualmente se encontra vários tipos de lajes, cada um para determinado tipo de serviço e aplicação necessária para o projeto. No Brasil predomina os dois modelos, os pré-moldados e o moldado *in loco*.

Figura 14 - Tipos de Lajes (a) Laje maciça (b) Laje Cogumelo (c) Laje nervurada (d) Laje treliçada (e) Laje alveolar



Fonte: Parreira e Lopes, 2014

3. ESTRUTURA METÁLICA – AÇO

3.1 DEFINIÇÃO

De acordo com (CHIAVERINI, 1996), podemos definir aço como uma liga metálica formada primordialmente por carbono e ferro, dando início ao princípio da composição do aço, onde o carbono tem o papel fundamental na resistência da peça. Diferentes das barras de ferros utilizadas no concreto armado, as estruturas metálicas têm comportamentos distintos, pois são feitos de composições que consigam por si só, resistir e manter uma estrutura firme e estável. Os aços são classificados pela porcentagem de carbono, aplicação e composição química, ponto muito importante em sua fabricação que devem expelir elementos químicos como enxofre e fósforo, que penetra em sua propriedade o tornando dúctil e frágil.

Segundo (NARDIN 2008) A fabricação desses aços para utilização na construção civil aboa de dois modos diferentes, para fins estruturais e não fins estruturais. Os perfis estruturais são soldados dando formato de vigas, pilares, treliças e o modo de construção *steel frame*. Já os componentes não destinados aos esforços estruturais, seguem o padrão de fabricação para telhas, esquadrias e tubos.

A NBR 8800 (ABNT 2017) define como deve ser a execução de uma obra de estruturas metálicas ou estruturas mistas, expondo uma série de tabelas e catálogos dos fabricantes dos aços e propriedades mecânicas, métodos de execução, cálculos e normas complementares, onde além de seguir as vastas exigência, impõe quatro tipos de projetos distintos para a iniciação da obra. O projeto arquitetônico prevê onde os elementos da estrutura ficará exposto, ressaltando possíveis mudanças na estética; O de prevenção contra incêndio é essencial pois as peças de aço tem comportamentos distintos aos de concreto armado; O projetista deve calcular os esforços e cargas que serão solicitados e combatidos em planta no projeto estrutural, e dimensionar os perfis que serão ali aplicados; Por último o orçamento dá a base dos recursos, custos e investimentos totais da obra, englobando todo o cronograma e a estrutura mais viável para o projeto.

Figura 15 – Estrutura de aço sendo executada



Fonte: (Autores, 2019)

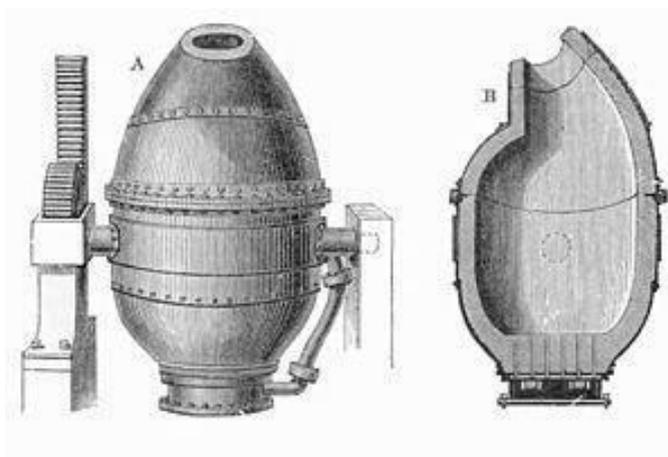
3.2 HISTÓRIA

Podemos afirmar que o século XVIII foi o começo da ascensão do uso de estruturas e peças metálicas na construção civil, e esse avanço se dá graças ao conhecimento que vem se tornando cada vez mais implícito dentro das construções e a necessidade de abraçar o mercado de trabalho, sendo que a demanda por material que contenha praticidade e baixo custo seja uma prioridade e requisito para uma evolução no ramo da construção.

Afirma (Mattos, 2002) No Brasil teve-se a primeira corrida em uma usina por volta de 1946, Usina Presidente Vargas, pertencente ao grupo CSN. Além de grandes outras que trouxeram ideias e conceitos europeu. A grande dificuldade foi a comercialização de produtos com perfis pesados, com a falta de conhecimento e tradição da CSN.

Devido à necessidade de usar um material mais confiável e resistente à qual não submeteria a falhas e acidentes, que eram bem constantes na época com a criação de ferrovias, o inglês “Henry Destemer” tornou a produção de aço em grande escala possível uma vez que o aço já era bem conhecido desde sua antiguidade, mas a escassez de conhecimentos para manipular, preparar, produzir e o custo muito elevado tornou inviável para substituí-lo o ferro fundido. A partir de 1856, o Engenheiro Metalurgista patenteou o “Processo de vesse-me”, um forno industrial que permitia a construção em massa de aço através de uma prática conhecida na China, que consistia em remover impurezas do ferro evitado pela oxidação, que ajuda na elevação da temperatura da massa do ferro, deixando no estado fundido. (MAXWELL, 2016).

Figura 16 - Conversor de Bessemer, diagrama esquemático.



Fonte: R. Routledge, 2001

De acordo com (CASTRO E FAKURY 2013), o processo Siemens-Martin veio logo após, no ano de 1865 consolidando a ideia pregada por Bessemer e tornando ainda mais eficiente. Diferentes dos outros fornos que conta com o aquecimento elétrico, o Siemens-Martin utilizava combustíveis como óleo e gás para sua execução. A diferença principal era na oxidação, sua tecnologia permitia que as altas temperaturas reduziam os óxidos de ferro das sucatas, liberando oxigênio capaz de oxidar as impurezas. Outro ponto a se destacado era a dificuldade no tempo de preparo que demorava cerca de 6 a 8 horas exigindo a utilização de mais sucatas.

Logo mais tarde, no início da década de 50 a siderúrgica Voest-Alpine, localizada na Áustria teve o desfecho da descoberta dos conversores de oxigênio ou conversores LD, que baseava de uma mistura de gusa líquida e sucata como carga sólida. Segundo Maxwell (2016), a utilização da técnica de conversores de oxigênio é a mais executada atualmente, visto que atrai a opção pois é economicamente mais viável em produção de larga escala. Hoje as minis-usinas vem produzindo e mostrando maior crescimento em relação as aciaras a oxigênio, apesar de que no Brasil ainda não se tenha um crescimento aprimorado e relevante.

3.3 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Assim como todos os materiais disponíveis para construção tem suas individualidades e comportamentos distintos, o aço também possui características únicas de propriedades. Essas características fundamentam em possuir grandes durabilidades, flexibilidades e resistência. Não é por acaso que complementa o concreto armado fornecendo o papel de resistor à tração, capaz

de suportar grandes cargas à longo prazo sendo utilizados em construções como pontes e imensos galpões. A tração também é responsável por testar de forma espontânea o limite de escoamento, rigidez e ductilidade.

Segundo (Pfeil e Pfeil 2009) suas propriedades físicas incube valores fixos de módulo de elasticidade, densidade, coeficiente Poisson, condutividade térmica, desde que não ultrapassem condições normais e temperatura atmosférica. A NBR 8800 (ABNT 2017) tabela essas propriedades mecânicas da seguinte forma:

Tabela 1 – Propriedades do aço

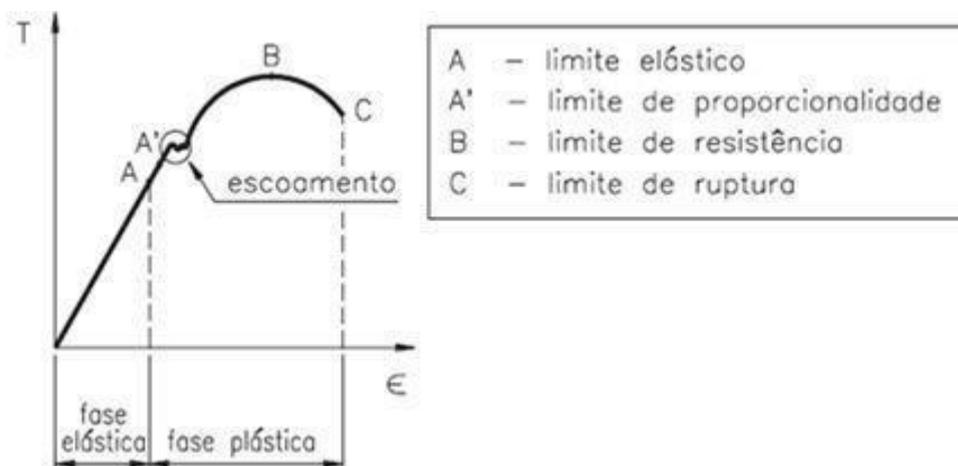
Densidade ρ	7.7 / 8.1 [kg/dm ³]
Módulo de Elasticidade E	200 [GPA]
Coeficiente de Poisson ν	0,3
Condutividade térmica K	11.2 / 48.3 [W/Mk]
Dilatação térmica β	12.10 ⁻⁶ / °C
Expansão térmica α	9 / 27 [10 ⁻⁶ /k]
Peso Específico ρ_{esp}	7850 kg/m ³

É essencial ter conhecimentos dos estados de tensões e de serviços do material. Em ensaios de tração os corpos são submetidos à forças uniaxial contrária afim de propor a peça até o momento de ruptura, anotando forças aplicadas e observando resultados de comportamentos pra cada momento de força aplicada nos CP's. Esses resultados do alongamento são aferidos e inseridos na formulação

$$E\varepsilon = \frac{L_f - L_o}{L_o} \quad (9)$$

onde L_f é o comprimento final e L_o comprimento inicial, obtendo o gráfico da razão entre Tensão T e Deformação ε e valores importantes de estudo como mostra a Figura 17.

Figura 17 – Gráfico Tensão x Deformação



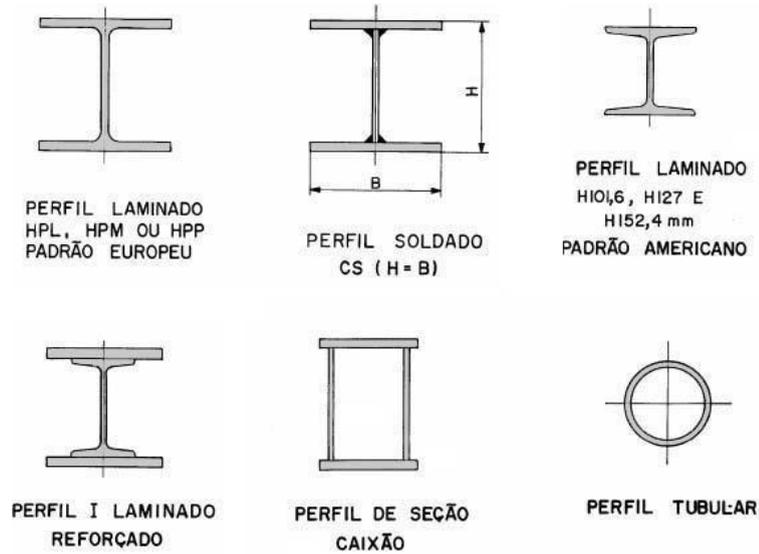
Fonte: (TRIGO, 2005)

3.4 ELEMENTOS ESTRUTURAIS

Como um todo as estruturas metálicas são um conjunto de perfis divididos em elementos lineares de barras ou hastes, e elementos bidimensionais de chapas e placas, podendo aderir formas exclusivas para determinadas aplicações. Essas aplicações consistem em obter peças para elementos estruturais como pórticos em geral, vigas, pilares, treliça, contraventamentos e lajes, ligadas entre si por parafusos, ligações de soldas e conectores, gerando comportamento das ligações entre ligação rígida, semi rígida e ligação flexível, em padrões europeus e americanos.

Segundo Sardá (2011) os perfis laminados possuem grandes eficácias em formatos de I, H, C e L, e os soldados, que podem abarcar amplos tamanhos para atender as necessidades, apenas em formato de I existente em três tipos de séries, VS, CS, CVS, para colunas e vigas, porém ambos podendo abranger o mesmo resultado estrutural. Os perfis para vigas serão dimensionados para ser travados nas lajes na parte superior, evitando a flambagem lateral com torção ou em casos de vigas bi apoiadas que exerce de forma altruísta do trabalho do perfil com a laje. Já para as colunas o solicitante para compressão deve possuir a maior inércia relativamente alta ao eixo da menor inércia, que em perfis H a altura da mesa corresponde à altura da seção. Em contraventamentos se importa a esbeltez e resistência normal onde há limitações das partes tracionadas e comprimidas. (IBDA 2011).

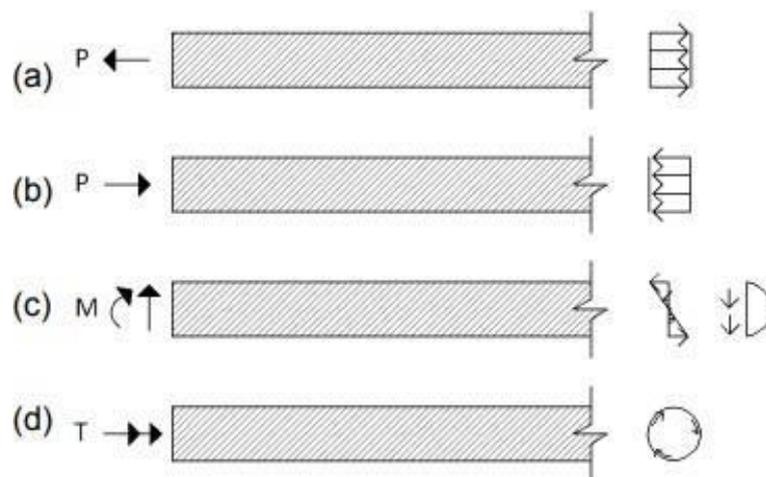
Figura 18 – Modelos de perfis soldados e laminados



Fonte: (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2011)

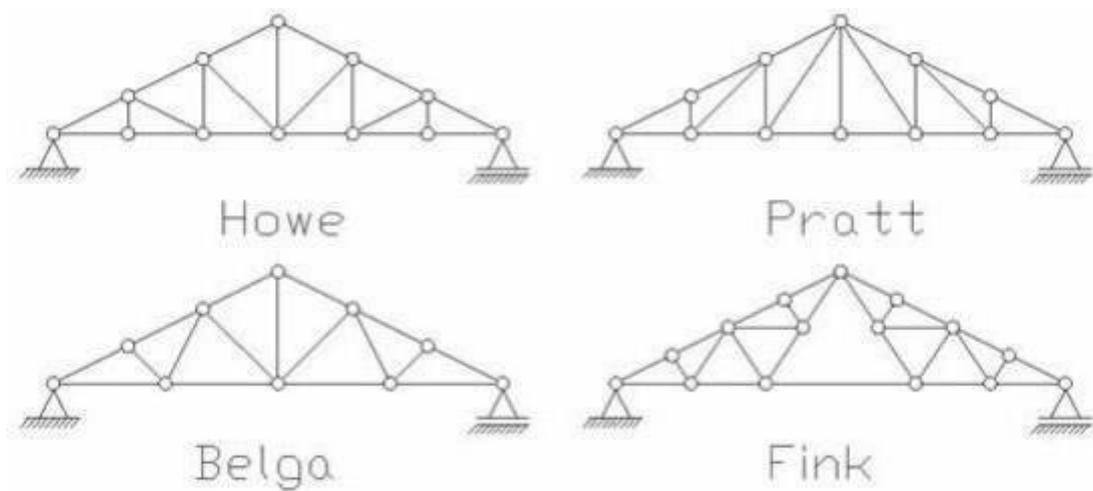
(Neto, 2016) Definem que hastes geram dimensões onde a seção transversal se denomina pequena em relação ao seu comprimento, em formas de tirantes transposto da ação axial, colunas suportando compressão axial, vigas recebendo cargas transversal e momentos fletidos e os eixos das torções (**Figura 18**). As treliças concentram sua utilização em coberturas de galpões ou construções industriais em quatro tipos conforma a **Figura 19**.

Figura 19 – Tipos de hastes (a) tirante (b) coluna (c) viga (d) torção



Fonte: (Sistemas Estruturais, NETO 2016)

Figura 20 – Tipos de treliça convencional



Fonte: Suassuna Mendes, 2008

Tabela 2 – Utilização dos perfis e suas aplicações

Elementos Estruturais	Solicitações						Tipos de Materiais Empregados	
	Tração	Compressão	Flexão		Cisalhamento	Fadiga		Verificação Deformação
			S	D				
Terças			x	x			x	
Escoras do Beiral		x	x	x			x	
Tirantes	x							Ø Barra Redonda
Cumeeira			x	x			x	
Vigas de Tapamento				x			x	
Colunas de Tapamento	x	x	x				x	
Contrav. Horizontais	x	x						Ø
Contrav. Verticais	x	x						Ø
Placas de Base		x	x					Chapas
Chumbadores	x				x			Ø
Tesouras	x	x					x	
Vigas do Pórtico		x	x		x		x	
Vigas Int. do Pórtico			x		x		x	
Colunas	x	x	x	x			x	
Vigas de Rolamento		x	x	x	x	x	x	
Juntas Soldadas	x	x	x	x	x	x		
Juntas Parafusadas	x	x			x	x		

Fonte: Bellei (2003, p.127).

A produção e execução das peças de estruturas metálicas em geral necessita de um bom planejamento e organizações dos projetos, para atenuar a qualquer possível erro, desde a produção na fábrica até a montagem no canteiro de obra. A montagem dessas peças deve ser feita por mão de obra capacitada e o seu transporte até o canteiro, por profissionais autorizados.

4 ESTUDO DE CASO

O presente estudo de caso refere-se a uma construção de um galpão comercial já em exercício de entrega, na cidade de Anápolis – GO. A denominada ‘obra A’ teve início no dia 21 de maio de 2019 e cumpriu todo o prazo de cronograma de 8 meses, finalizada no dia 6 de janeiro de 2020. A empresa responsável pelos projetos e execução da obra é bem renomeada na cidade e somam com grandes feitos na construção civil, com inúmeros trabalhos realizados com êxito e profissionalismo, onde será chamada aqui de empresa AgeCon, nome fictício apenas para representação mantendo sigilo da identidade.

Baseia-se em fazer uma análise orçamentária do método construtivo estrutural da superestrutura utilizado na ‘obra A’, e aplicá-la num outro método construtivo do estudo de caso, apresentando projetos, viabilidade e relação de orçamentos à fim de comparação e conclusão final.

Figura 21 – ‘Obra A’



Fonte: Autores 2020

4.1 PROJETO 'OBRA A'

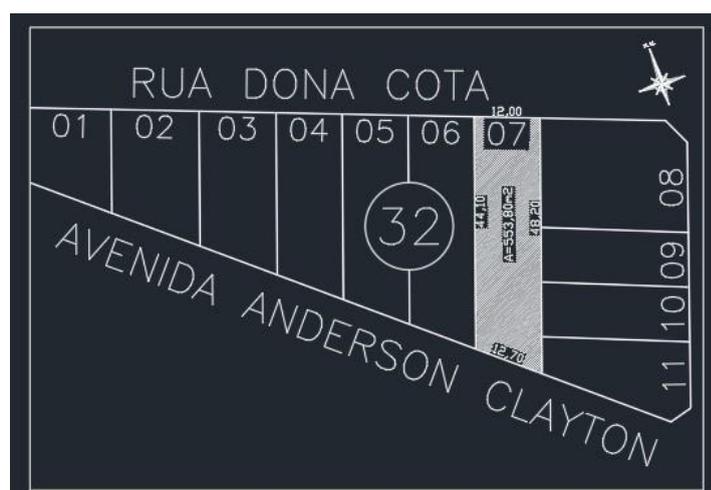
A obra conta com um terreno plano sem elevações dividida em quatro áreas: Terreno, área do galpão, área de ocupação e área permeável, e suas respectivas dimensões e porcentagem como mostra a figura 22. A frente posicionada para a Avenida Anderson Cleiton mede 12,70m fundo com a rua Dona Cota 12,00 m, lateral direita dividindo com os lotes 08, 09, 10, 11 medindo 48,20m, e a lateral esquerda lote 07, medindo 44,10m. Figura 23.

Figura 22 – Quadro de áreas

QUADRO DE ÁREAS		
	ÁREA (m ²)	PORCENTAGEM (%)
TERRENO	553,80	100%
ÁREA DO GALPÃO	361,80	65,33%
TAXA DE OCUPAÇÃO	361,80	65,33%
ÁREA PERMEÁVEL	113,10	20,42%

Fonte: Autores, 2020

Figura 23 – Planta de Orientação e Situação



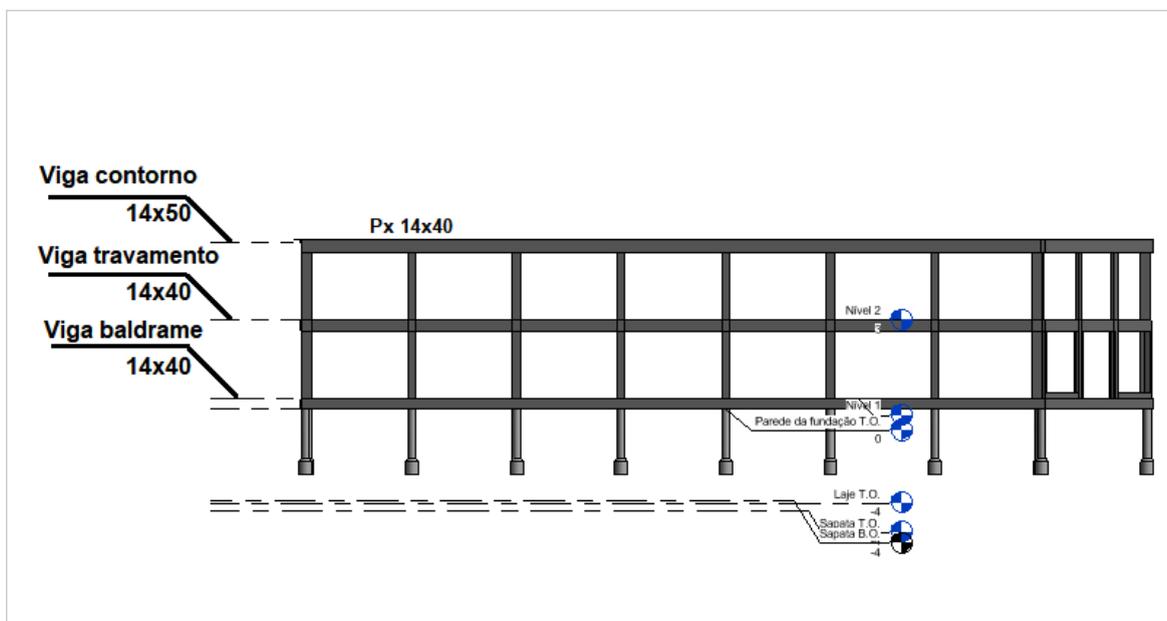
O projeto forma-se com uma sala comercial, cinco vagas de estacionamento na entrada principal e uma na entrada secundária como mostra o **Anexo 1 – Projeto Arquitetônico**. Também há um sistema de poço de recarga que ameniza a vazão total da descarga para a via pública. O pé direito da do galpão equivale uma altura de 6,00 metros, mais um metro fechando o caixote do telhado de duas águas, com uma queda de 10% de inclinação.

4.2 SISTEMA CONSTRUTIVO UTILIZADO NA OBRA

A superestrutura conta com um método construtivo misto bastante utilizado nos canteiros de obra, o conjunto de pilares de concreto armado e vigas de travamento para sustento da estrutura, alvenaria de tijolos furados para preenchimento e uma cobertura de peças metálicas pré-fabricadas.

As primeiras etapas da construção foram executadas de modo convencional, a limpeza e preparação do terreno, níveis acertados e infraestrutura de fundação do tipo tubulão, seguido das vigas baldrame para armações de ancoragem e recebimento da base dos pilares. Após isso, a parte estrutural e de alvenaria começaram a ser erguida conforme o projeto.

Após a colocação e amarração das fôrmas foram 21 pilares ao todo, 17 para as paredes laterais sendo 8 dividido no comprimento de 28 metros, e 9 dividido em 33 metros. Na entrada e saída foram 2 pilares cada, todos dimensionados no tamanho 14x40 cm com área de aço de cada pilar sendo composta por 8 barras de ferro 3/8 9,53mm. As vigas são distribuídos ao longo da estrutura da seguinte forma; duas vigas linearmente para as paredes laterais e acessos superior e inferior à edificação, sendo uma para travamento dos pilares com dimensões de 14x40 cm e outro para contorno e respaldo de todo o galpão medindo 14x50 cm, e viga baldrame na base da estrutura de acordo com a ilustração da **Figura 24**.

Figura 24 – Modelo dos pilares e vigas utilizados

Fonte: Autores, 2020

Figura 25 – Superestrutura executada na obra

Fonte: Autores, 2020

O projeto estrutural ilustra a colocação dos pilares e representação das vigas de travamento, seguido de cotas, diâmetro das peças e diâmetro das bitolas, permitindo a execução da estrutura de forma precisa conforme todas as especificações no projeto. O **Anexo 2 – Projeto Estrutural** demonstra o projeto estrutural dos pilares, reproduzido conforme modelo original.

O pilar tipo modelo foi distribuído ao longo de toda estrutura, exercendo ligações com todas as vigas. Cada um foi dimensionado para receber uma treliça metálica que dá sustento a todo o telhado, enquadrando todo o resto do peso da estrutura e ações adicionais como a do vento lateral nas entradas superior e inferior. São dois pilares de canto e os demais de extremidade. O f_{ck} utilizado é de 30 MPa feito na própria obra sem controle laboratorial, mas com a presença de um profissional especializado.

A cobertura de todo o galpão é composta por 7 tesouras de estrutura metálica tipo *shed*, **Anexo 3 – Modelos Tesouras**, apoiada nos pilares, travada perpendicularmente por 7 barras de metalon 50x50 mm no espaçamento de 2 metros, com telhas metálicas zipadas. É responsável por resistir o peso próprio e carga adicionais do vento de sucção, mantendo a estabilidade da estrutura e isolamento de toda a área.

Figura 26 – Estrutura de cobertura em fase de acabamento



Fonte: Autores, 2020

O modelo escolhido foi economicamente pensado pois não há grandes atuações de cargas e nem entradas de ventos significantes, não exigindo maiores dimensões para suportar cargas adicionais e nem forças sob a estrutura, argumentou o engenheiro da AgeCon. Foram pré-fabricadas fora do canteiro de obra com antecedência e dentro do prazo, não sendo preciso mão de obra especializada pois apenas a parte da cobertura possuía elementos metálicos, não requerendo nenhuma especificação técnica, sendo necessária apenas vistorias sobre todas as peças e preparação para montagem, estando totalmente aptas a serem colocadas pelos trabalhadores fixos da obra.

Seguindo todas as etapas e informações aqui citadas, a superestrutura foi concluída com êxito, restando apenas a fase final e acabamento externo e interno. Todos os padrões exigidos foram alcançados.

4.3 ORÇAMENTO (PILARES, VIGAS)

O orçamento estrutural deste trabalho **Anexo 4 - Orçamento cedido pela empresa responsável da obra**, engloba os pilares, as vigas e cobertura da estrutura. É indispensável um orçamento de cada etapa da obra, por sua vez a parte estrutural e alvenaria participa dos maiores gastos em uma construção. Ter consciência de métodos alternativos aumenta a relevância de estudos embasados desse tema. De acordo com os dados disponibilizados pela empresa, foi possível reproduzir de forma genérica e confiável a base dos gastos principais dos materiais da superestrutura.

Todos os materiais básicos para construção dos pilares e vigas sendo eles agregados, agregado miúdo, barras de ferro e cimento, foram fornecidos da mesma empresa, em etapas de entregas diferentes sendo cada remessa de acordo com o progresso da obra, viabilizando a logística de frete e preço em maiores quantidades. Já a cobertura teve as peças fabricadas por uma empresa terceirizada e depois levadas à obra apenas para a montagem. Apesar da mão de obra qualificada para específico serviço, diárias dos colaboradores não serão levadas em consideração visto que para ambas estruturas o preço desse trabalho é similar, tendo uma variação de mais ou menos 20% de diferença, filtrando apenas os materiais da estrutura.

Segundo informações de gestores de controle e planejamento da obra, a base de gastos final estudada foi a mesma acordada no projeto físico financeiro, feito pela própria empresa, onde foi contabilizado todo o material que chegou e valor de saída do capital pago para os fornecedores.

5. PROPOSTA DO MÉTODO CONSTRUTIVO ALTERNATIVO

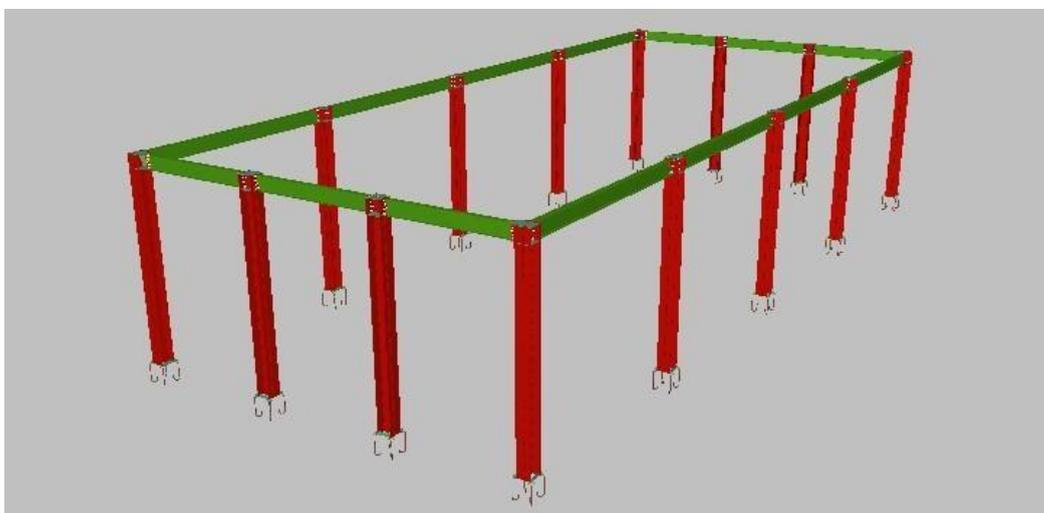
O método alternativo de construção baseia-se em um sistema metálico pré-dimensionado com perfis soldado de chapa de aço laminado nos elementos estruturais, com ligações aparafusadas entre si nos nós de encontro das vigas e pilares, e apoiados sob placa de ancoragem às bases engastadas afim de transmitir para a fundação já existente.

5.1 PROJETO

A proposta inicial seria redesenhar a obra já existente sem alterar o tamanho da área construída e aproveitar o máximo do projeto original, porém ao dispor dessa mudança de sistema construtivo observa-se que foi necessária redefinição das dimensões da estrutura, passando a ter 336 m², com dimensões 12x28 metros.

Foi proposto no pré-dimensionamento 5 pilares espaçados à cada 7 metros no comprimento lateral de cada lado, e 2 espaçados a 4 metros nas entradas superior e inferior, totalizando 14 perfis de pilares CS. Um filete de vigas VS na parte superior dos pilares contornando e travando a estrutura, todos designados A-36 250 MPa, dando estabilidade a mesma.

Figura 27 – Projeto em vista 3D



Fonte: Autores, 2020

As cargas previstas permanentes atuantes no projeto é o peso próprio da estrutura, adotado como 0,025 t/m, normativa 0,030 t/m de sobrecarga para galpões segundo a NBR

6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas e edificações e NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estrutura mistas, e estimação do peso do telhado sendo 0,007 t/m. Nas adicionais foram consideradas os ventos atuantes calculados sob ajuda do software Visual Ventos, usando dimensões real do projeto, velocidade básica de 30 m/s, categoria do terreno IV conforme a descrição do ambiente, grupo 2 do fator S3, coeficiente de pressão interna de duas faces opostas igualmente permeáveis, onde foi encontrado a velocidade característica de vento (v_k) igual a 23,74 m/s e pressão dinâmica (q) de 0,35 kN/m², exercendo força de sucção equivalente à 0,037 t/m no telhado da estrutura a 0°, e 0,044 t/m a 90°.

Definidos as cargas, os pilares escolhidos são os perfis das séries CS 400x106, as vigas perfis séries VS 400x44 nas laterais da estrutura e VS 400X28 nas entras superiores e inferiores, onde foi verificado a limitação do índice de esbeltez, resistências à tração e compressão, resistência a flexão dos eixos, esforços cortantes, como apresenta os Apêndice 1 - Corte frontal do projeto Cype3D e Apêndice 2 – Corte lateral no projeto Cype3D

As peças são roduladas e interligadas entre si através de parafusos, que atravessa a chapa de apoio e faz-se utilização de enrijecedores para auxiliar na distribuição do carregamento, aumentando a área de contato da ligação. Foram três tipos de ligações distintas, todas conectadas com 6 parafusos ASTM A325 T 5/8”x 2 1/4” de área de 17,5 mm de diâmetro em cada lado do pilar, porcas Grau C 5/8” e anilhas 5/8”. A ligação do tipo 1 como mostra a Figura 33, detalha como são conectados a parte lateral da estrutura, entre a viga VS 400x44 e o pilar CS 400x106. As soldas de filetes foram designada como material de adição, com eletrodos E60XX utilizado na garganta efetiva, cordão e raiz de solda como pode ser observado Apêndice 3 – Detalhamento ligação tipo 1 e Apêndice 4 – Detalhamento ligação parafusada.

Os pilares de canto são distribuídos nos quatro cantos da estrutura e recebe a viga lateral VS 400x44 pela aba e a viga frontal VS 400x28 pela alma, sendo necessário introduzir enrijecedor e chapa de apoio para conectar as peças e não comprometer diretamente o perfil do pilar. É um tipo de ligação rígida onde há necessidade de impedir a rotação relativa local das peças seguindo uma série de condições que satisfaça tal classificação, tendo os parafusos como principal ligação e a soldas nas seções efetivas. O Apêndice 5 – Detalhamento ligação de canto Tipo 2 exemplifica a ilustração da ligação denominada Tipo 2.

A ligação tipo 3 é estabelecida nas duas partes frontal da estrutura, sendo duas em cada lado, totalizando quatro ligações. O pilar CS 400x106 recebe em suas abas as vigas VS 400x28 com enrijecedor em ambos os lados e chapa de apoio. Os seis parafusos 5/8”x 2 1/4” de cada ligação travam as peças com um diâmetro de 14.3 mm, representada o detalhamento conforme o Apêndice 6 – Detalhamento Ligação – Tipo 3.

As placas de ancoragem (Apêndice 7 – Detalhamento placa de ancoragem) distribui as cargas para a fundação de modo que, as bases engastadas foram dimensionadas para esforços horizontais de compressão e momentos fletores atuantes, seguindo as tensões admissíveis de tração, flexão e cisalhamento igual a 0,33, 0,75, 0,40, MPa respectivamente. A placa de base comporta quatro parafusos com dobra de 180 graus, ancorada no concreto com chumbadores de 27 mm com 35 cm de comprimento, e filete de solda ligando o pilar à base.

Todas as verificações são aceitas nas condições ELU e atendidas conforme normas e exigências de projeto. Foram verificados também os esforços e deslocamento que as peças sofrem, as hipóteses de reações, deformada e isovalores na estrutura. A flecha do Apêndice 8 – Deformação nas barras, mostra os lugares que a viga sofre mais deformação, quanto maior o vão maior essa deformação. Nas vigas laterais onde os vão são de 7 metros, a deformação no centro pode chegar a até 0,27 mm, mais crítico, e 0,16 mm, no resto da viga fora das extremidades. As frontais, os vão são de 4 metros e o ponto mais crítico chega a 0,05 mm, não sofrendo esse efeito. Por sua vez os pilares não mostram alterações significantes de nenhum tipo de deslocamento horizontal, nem flambagem.

5.2 ORÇAMENTO

Após todo o levantamento do projeto estrutural onde foi verificado a quantidade dos materiais que serão utilizados para a execução, foi passado a relação deles para cotação e análises de preços. Foi recebido várias propostas com pequenas oscilações de valores do kg do aço para as estruturas, adotando a média dessas variações para o cálculo mais preciso. O Apêndice 9 – Orçamento perfis e conectores mostra o orçamento completo.

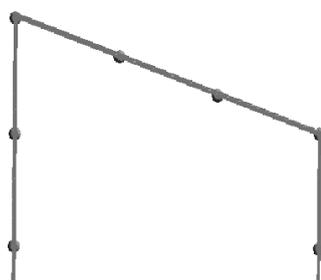
5.3 ANÁLISE DE DADOS

Ao dispor da mudança do sistema construtivo, tem-se que pensar nas limitações que tal estrutura terá ao ser executada. A ocupação da estrutura teve que ser regredida em sua área servida de modo que o sistema de estrutura metálica pudesse ter se tornado opção. A entrada principal do galpão teve que ser redesenhada adequando uma simetria para que não houvesse obstáculos e complicações na colocação dos perfis, evitando o trabalho de fazer perfis especiais ou com geometrias que gerariam uma montagem mais complexa.

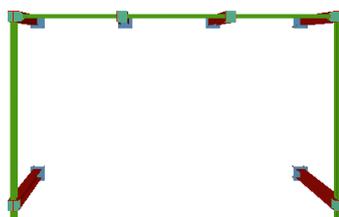
A Figura 28 mostra o comparativo de como o aproveitamento da área de uso construída do galpão foi restrita para que a estrutura ficasse simétrica e possível a construção do mesmo em peças metálicas.

Figura 28 – Corte vista de cima entrada frontal das Estrutura 1 x Estrutura 2

CORTE ESTRUTURA 1

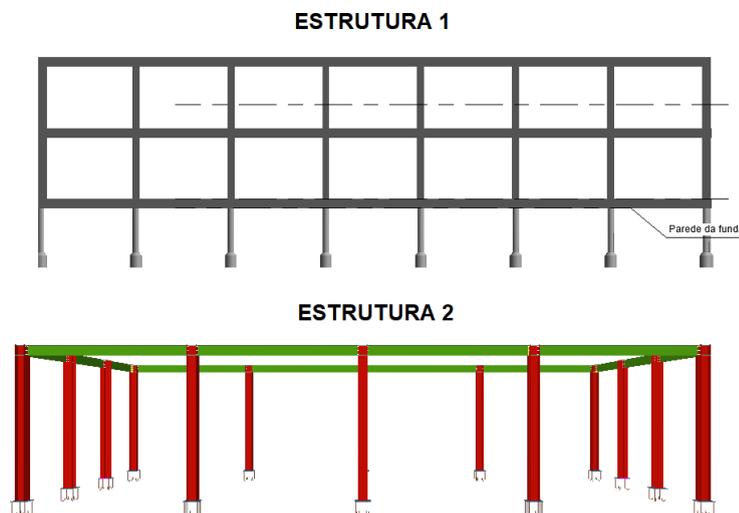


CORTE ESTRUTURA 2



Outra mudança estética é a exclusão de peças estruturais no projeto metálico. A estrutura original é composta por 8 pilares lateral do menor lado, travado por uma fileira de vigas no meio a 3 metros de altura e outra a 6 metros. No projeto metálico foi possível diminuir a quantidade de pilares, resultando em 5 perfis soldados e apenas 1 fileira de vigas a 6 metros travando a estrutura, com vãos maiores e montagem mais rápida. A Figura 29 ilustra o comparativo do corte lateral 3D feito pelos programas estruturais.

Figura 29 – Corte lateral comparativo Estrutura 1 x Estrutura 2



Fonte: Autoral, 2020

As fundações de ambas estruturas são semelhantes, sendo adotada em tubulão, porém a ligação do perfil e a fundação necessitaria de um ajuste aumentando a área de recebimento para os perfis.

Os pilares no galpão real com f_{ck} de 25 MPa com dimensões 14x40 cm, foi substituído por perfis perfil CS 400x106. Observe-se que a altura de ambos são as mesmas mas por se tratar de estrutura metálica ela tende a sofrer efeitos de deformação maiores do que a de concreto, só que com o fato de ter-se adotado o aço A-36, o mesmo possui o módulo de elasticidade e capacidade de resistência última maior, sendo assim o perfil não sofre tantas deformações.

Foi dimensionado apenas uma fileira pois as vigas metálicas têm a área da seção 56,10 cm² e espessura de mesa de 9,5 mm, podendo assim suportar as cargas verticalmente sem precisar de camadas extras para dividir o carregamento.

6. CONCLUSÃO

Por fim observou-se no objetivo deste trabalho, onde tem-se calculados todos os parâmetros existentes na construção analisada e comparados com o método alternativo proposto, sendo orçamentos, viabilidade e tempo de execução.

A princípio, todo o pré-dimensionamento da estrutura alternativa foi pensado em utilizar perfis em que a geometria fosse semelhante com o projeto original de concreto armado, só que percebeu-se por se tratar do sistema construtivo, de certa forma mais resistente notou-se a possibilidade de diminuir a quantidade de peças metálicas em comparação com a quantidade de peças em concreto, e assim buscando uma certa economia de peso estrutural, pois as peças

metálicas tem o preço de mão de obra e materiais mais elevados.

Devido à dificuldade de encontrar nas metalúrgicas os perfis escolhido em projeto, foi pensado também no pré-dimensionamento as peças que seriam mais viável levando em conta o transporte e o próprio estoque dos fornecedores, para não gerar problemas na logística de entrega ou mudança de todo o projeto, não sendo uma escolha produtiva de estrutura já que teria tipos de perfis e geometrias limitados.

Em termos de gastos, a estrutura alternativa apresenta um valor três vezes maior do que a já construída, sendo inviável economicamente. Em estimativa de tempo de construção, a estrutura metálica apresenta ser mais eficaz, desde que se tenha uma mão de obra qualificada para tal serviço, sendo mais simples a montagem e levantamento de toda a estrutura.

Os contraventamentos do telhado, laterais e linha de corrente poderiam ter inserido como solução estrutural porém em vista do projeto ser simples e a modelagem não ter por finalidade atribuir consideração de novos elementos estruturais, não foi estipulado um projeto que abordasse esses quesitos.

Pode-se concluir que a obra já existente foi executada da maneira mais viável, onde foi feito o estudo e constatou ser o sistema mais eficaz. Por não haver nenhuma exigência do cliente de uma entrega mais precoce da obra, seria pensado apenas em uma construção mais barata, sendo um quesito bastante primordial em construções de alto custo, podendo investir em outras etapas da obra.

Todo o trabalho teve uma relevância e ganho de experiências e vivência real com a rotina da construção civil. Estar dentro do canteiro de obra ou fazer parte da elaboração de projetos mostrou como é importante cada etapa estar em sincronia de modo a ser pensada e analisada a fim de garantir o melhor para a reação do engenheiro em levar recursos de solução de problemas e o contentamento do cliente ao se curvar pelas orientações propostas pelo o profissional. Cada escolha gerou um resultado positivo ao final de todo o trabalho

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738 – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova.** Rio de Janeiro 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739 – Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos.** Rio de Janeiro 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 - Projetos de Estruturas de concreto - Procedimento.** Rio de Janeiro 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800 - Projeto de Estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto.** Rio de Janeiro 2008.

ANDRADE, Silvio. **Porque o concreto tem baixa tração**, curso de Engenharia Civil; fevereiro de 2017

ARAÚJO, José Milton, **A Resistência a tração e energia da fratura do concreto.** Editora Dunas, julho de 2001;

BASTOS, Paulo Sergio 2006. **Pilares de Concreto Armado.** UNESP. Maio de 2017

BASTOS, Paulo Sergio 2006. **Fundamentos do Concreto Armado.** UNESP. Agosto 2006

BORGES, Alberto Nogueira. **Curso Prático de Cálculo em Concreto Armado**, Império Novo Milênio, 252p. Rio de Janeiro – RJ 2010

CARVALHO, Marize Santos Teixeira Silva. **Planejamento e Controle de Obras.** UFB, Salvador 2011.

CASTRO, José Augusto; FAKURY, Ricardo. **Introdução ao aço. Histórico.** CEAM/UFMG 2013.

CHAMBERLAIN, Zacarias, **Exemplo de um projeto completo de um Edifício de Concreto Armado**, UPF, agosto de 2001;

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos.** São Paulo 1996 ABM.

CUNHA, P. **Lajes em Concreto Armado e Protendido**, EDUFF 1998.

DIAS, Aniel de Melo. **O concreto sustentável brasileiro - The brazilian sustainable concrete.** Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade FUMEC 2017.

FAGUNDES, Thales Pereira. Estudo de caso, **Edificação Residencial de Multipavimentos em Brasília.** Brasília, 2013.

GIONGO, José; ELDEBS, Aná Lúcia; ALVA, Gerson; **Concreto Armado: Projeto de pilares de acordo com a NBR 6118:2003;** USP, Estruturas de Concreto Armado II;

GIONGO, José Samuel dos Santos. **Concreto Armado: Introdução e propriedades dos materiais**. São Carlos, 2009.

GONÇALVES, Carolina; LOPES, Rayane. **Estudo comparativo entre Laje Maciça Convencional e Lajes Nervuradas**. Fevereiro 2016.

KAEFER, Luis Fernando. **A Evolução do concreto Armado**, dezembro de 1998. PEF 5707.

LÍBANO M., Pinheiro; MUZARDO, D. Cassiane; SANTOS P., Sandro. **Fundamentos do Concreto e Projeto de Edifícios**, maio de 2017. USP.

LÍBANO M., Pinheiro; MUZARDO, D. Cassiane; SANTOS P., Sandro. **Estruturas de concreto – capítulo 2 (Características do concreto)**. Março de 2010.

MARK, Robert. *Architectural technology up to the scientific revolution: the art and structure of large-scale buildings*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1993.

MATTOS, Luís Andrade. **Edificações de aço no Brasil**. Zigue Editoria São Paulo 2002 3ª ed. 204p.

MAXWELL, F. **A História do Aço**. PUC Rio de Janeiro 2016.

MOLITERNO, Antônio. **Caderno de Estruturas em Alvenaria e Concreto Simples**. São Paulo, Editora Edgard Blucher 1995 1ª Ed.

NARDIN, Fabiano. **A Importância da Estrutura Metálica na Construção Civil**. USF Itatiba 2008.

NETO, Juliano. **Concepções Estruturais**. Goiânia 2016; PUC-GO.

PEDROSO, Fábio Luís. **Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem**. Concreto e Construções, Mar. de 2009.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de aço de acordo com a NBR 8800**; Rio de Janeiro 2009, 8 edc 2012.

SARDÁ, Alexandre. **Estruturas Metálicas. Conexões e Perfis laminados**. Paraná 2011. UFPR.

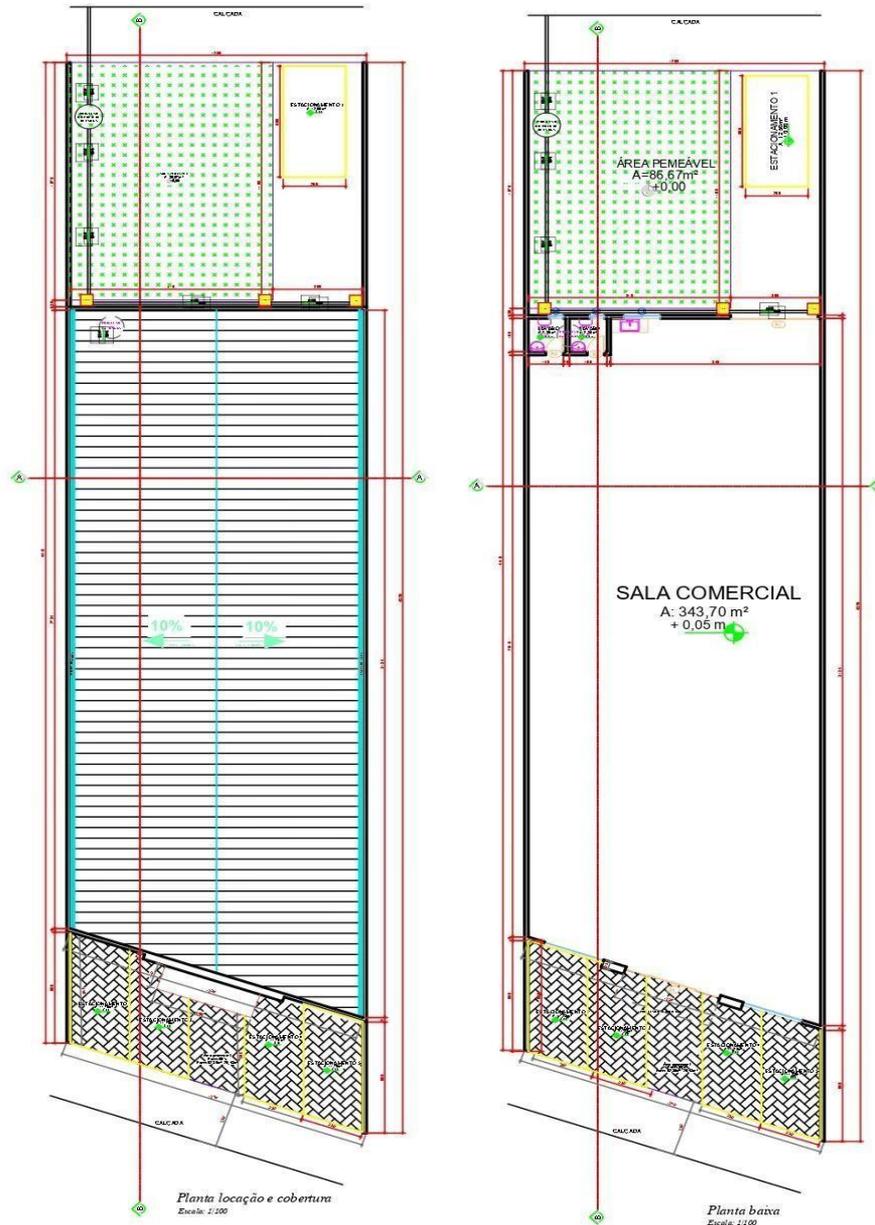
TEOBALDO, Izabela Naves Coelho. **Estudo do Aço como Objeto de Reforço Estrutural em Edificações Antigas**. CEAM UFMG.

ANEXOS

ANEXO 1 – Projeto Arquitetônico

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

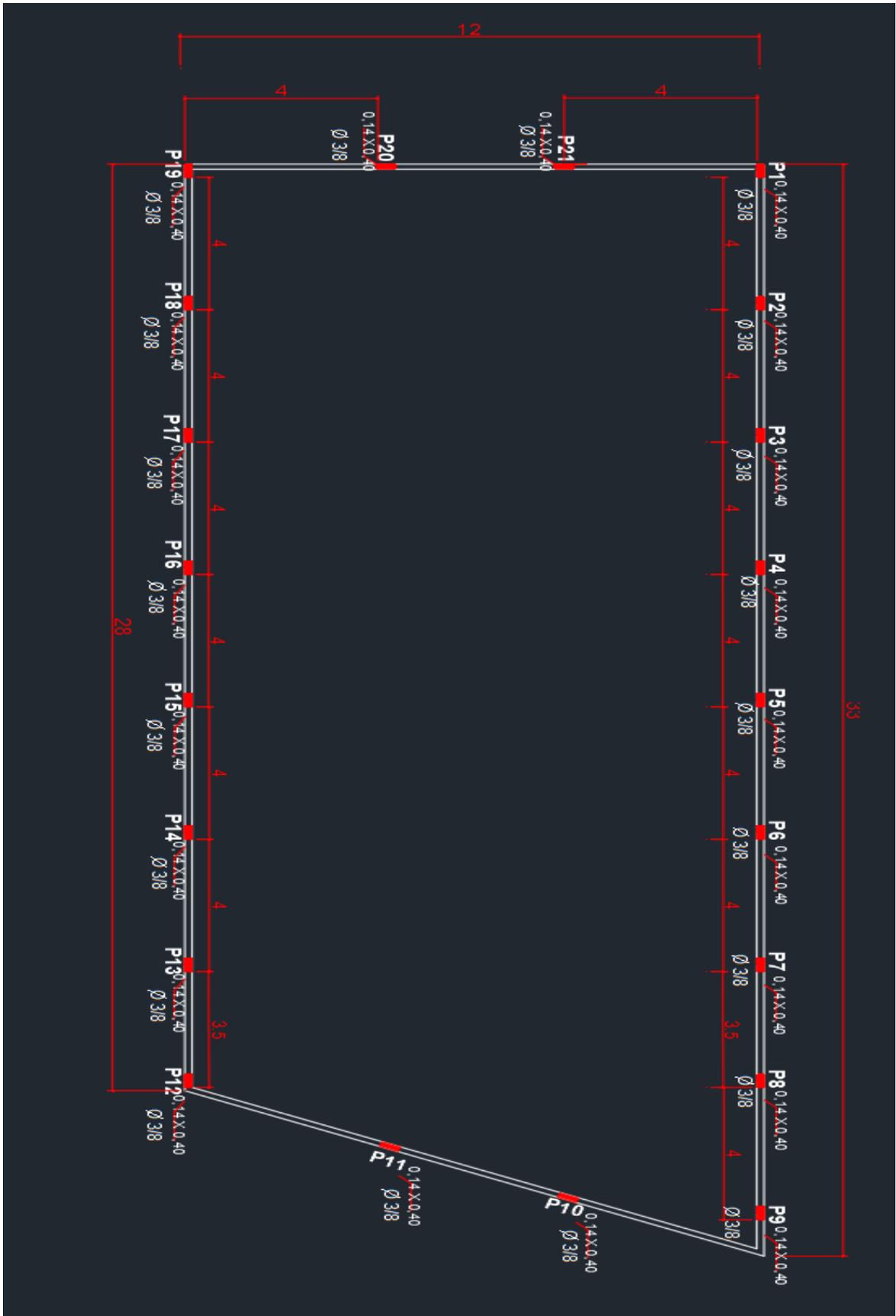
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



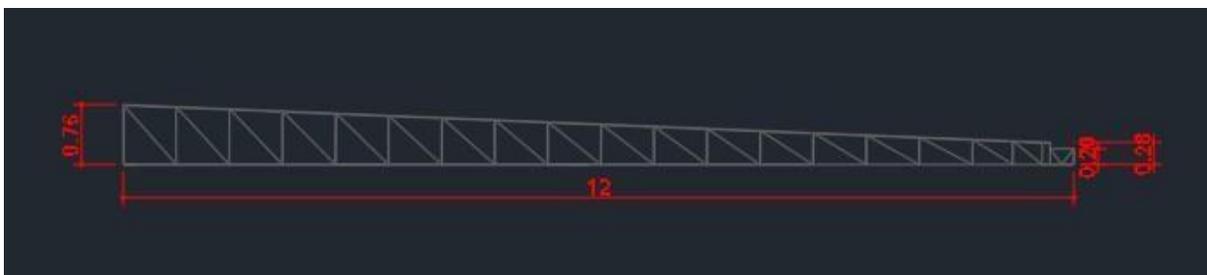
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

ANEXO 2 – Projeto Estrutural



ANEXO 3 – Modelo Tesoura



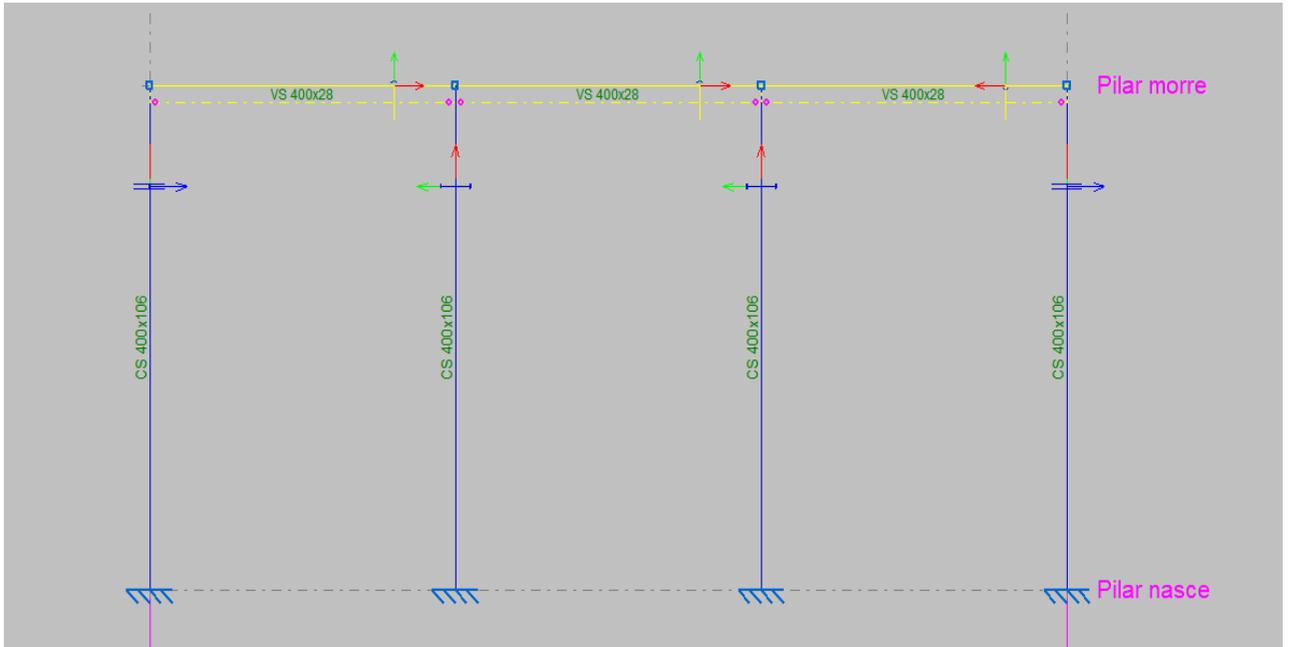
ANEXO 4 – Orçamento cedido pela empresa responsável da obra

Pilar - 6,50 m³	Quantidade	Unidade	Valor Uni. R\$	Valor Total (R\$)
Agregado Graúdo	5	M³	100	500
Agregado Miúdo	5,5	M³	90	495
Cimento	46	SC	21	966
Água	1,298	M³	X	X
Verg. CA-50 10mm 3/8	72	UNI	38	2736
Material Extra	XXX	XXX	XXX	774
Total				5471,00
Viga - 14,1 m³	Quantidade	Unidade	Valor Uni. R\$	Valor Total
Agregado Graúdo	10	M³	100	1000
Agregado Miúdo	11,5	M³	90	1035
Cimento	99	SC	21	2079
Água	2,74	M³	X	X
Verg. CA-50 10mm 3/8	234	UNI	38	8892
Material Extra	XXX	XXX	XXX	774
Total				13780,00

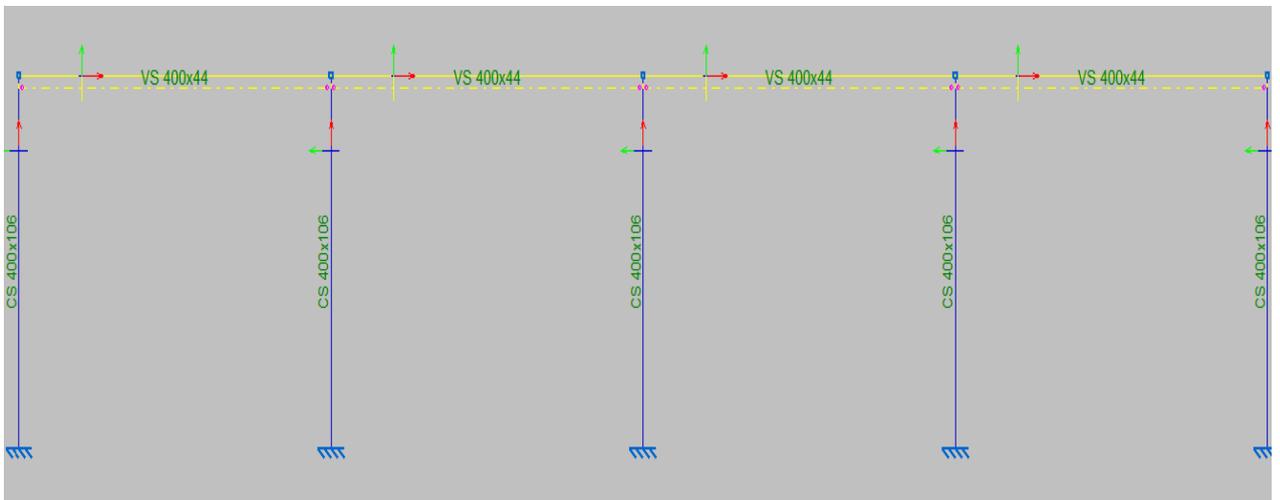
Material Extra	Diária	Total 58 dias
Andaime 12 Peças	4,75	285,6
Betoneira	18	360
Tábua de Pinus 3mt	XXX	128,4
Total		774
VALOR TOTAL		19251,00

APÊNDICES

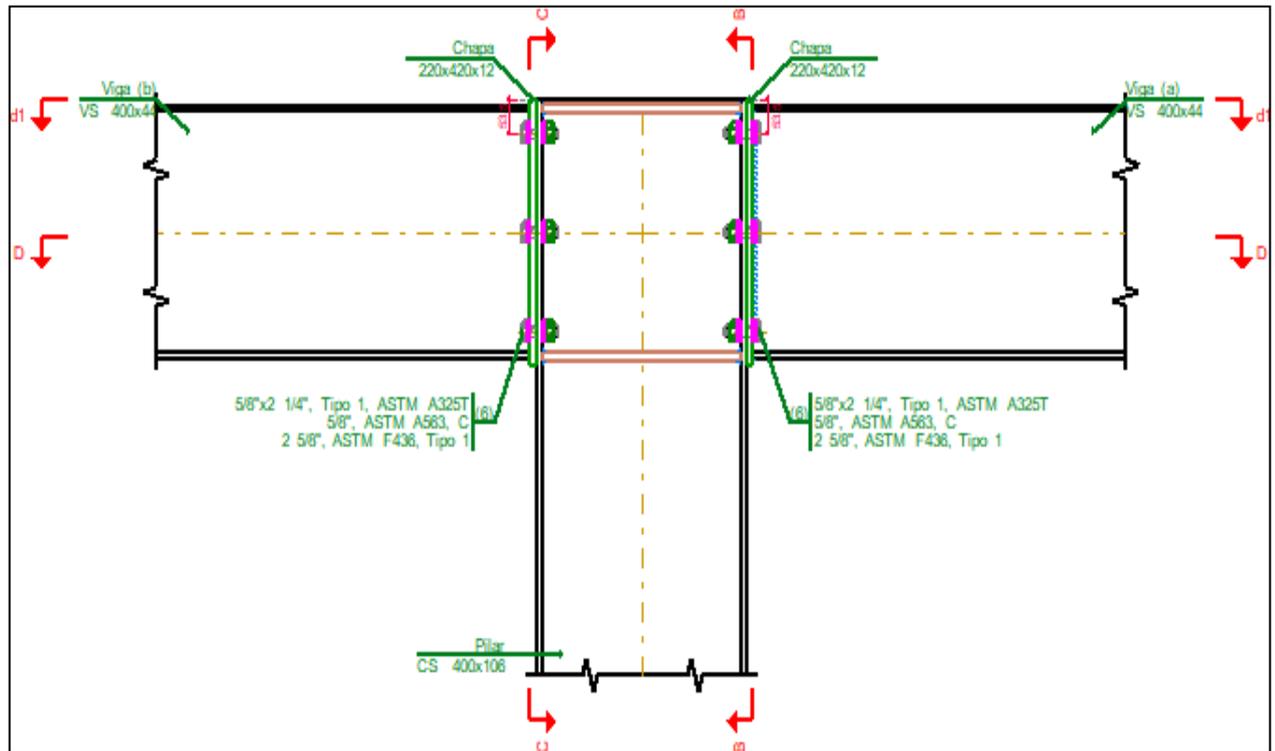
APÊNDICE 1 – Corte frontal do projeto cype3d



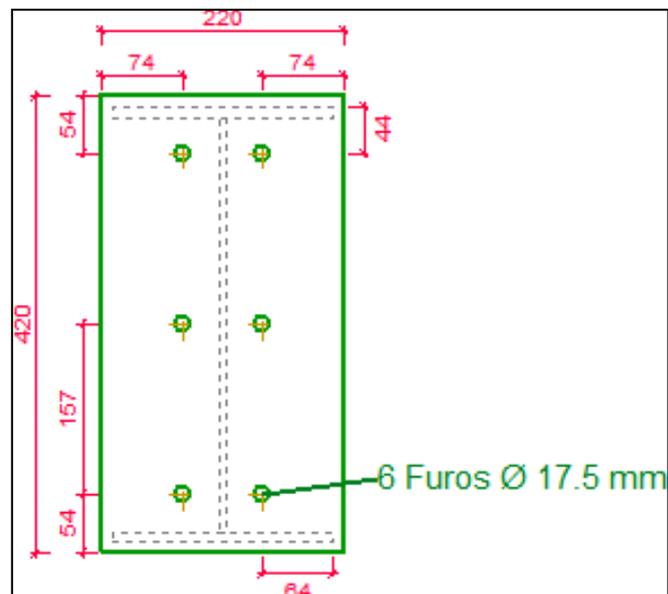
APÊNDICE 2 – Corte lateral do projeto Cype3D

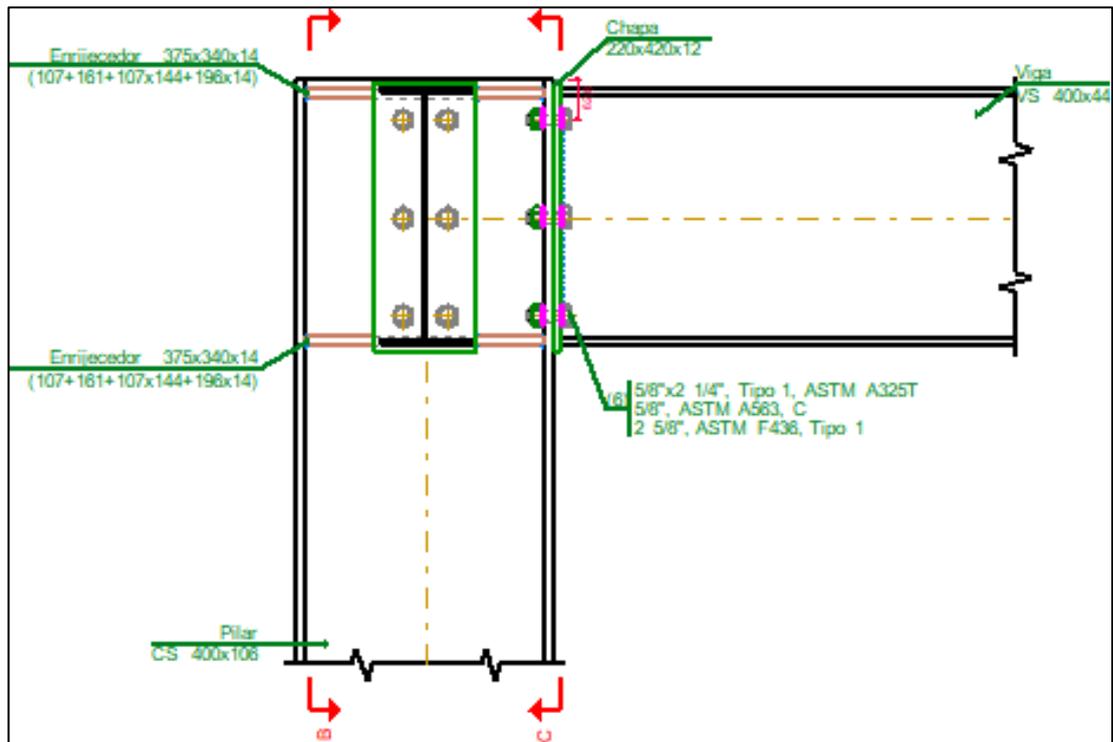


APÊNDICE 3– Detalhamento ligação – TIPO 1

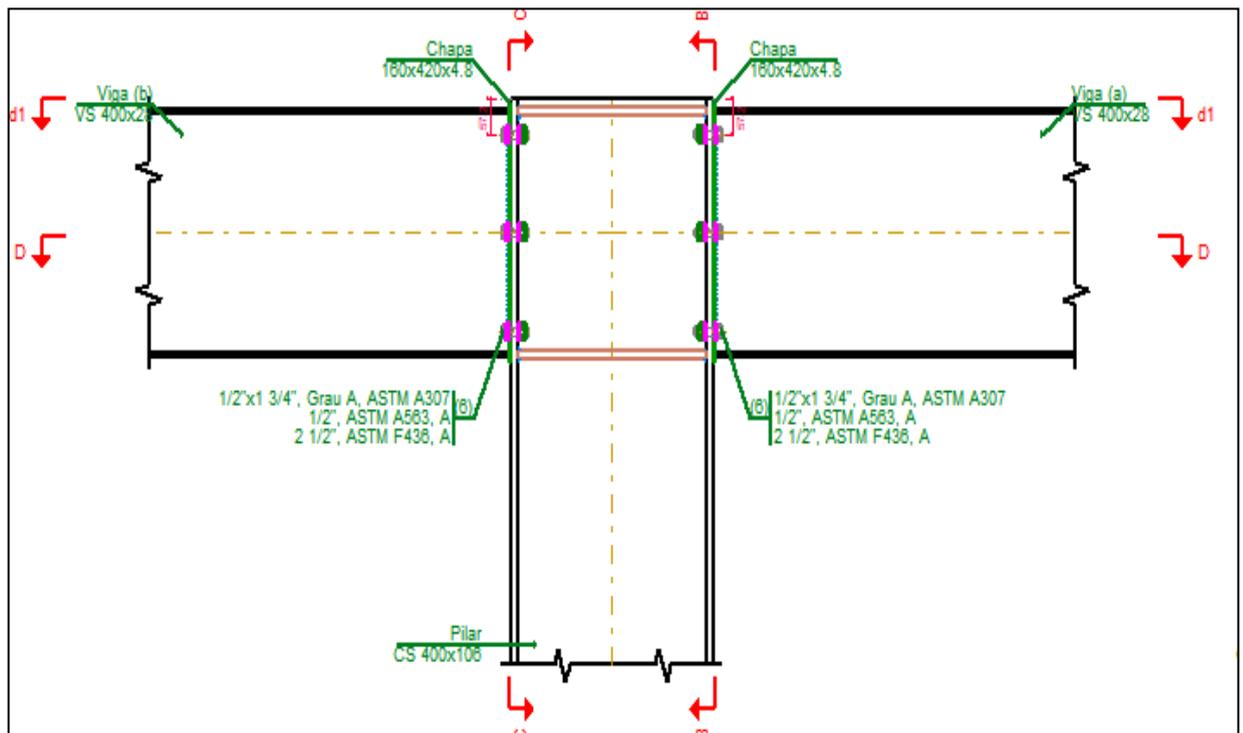


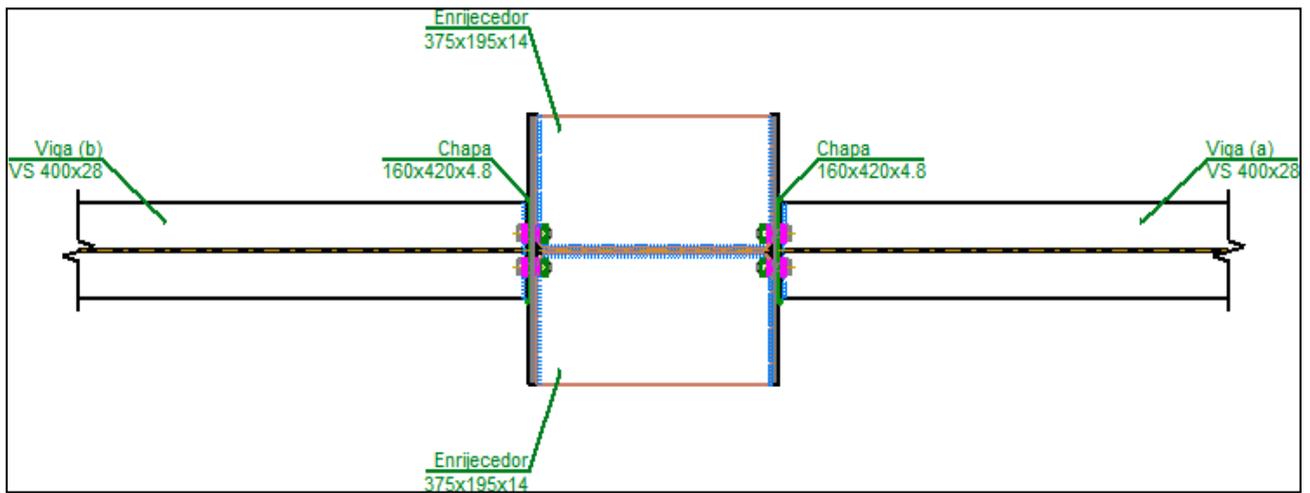
APÊNDICE 4 – Detalhamento ligação parafusada



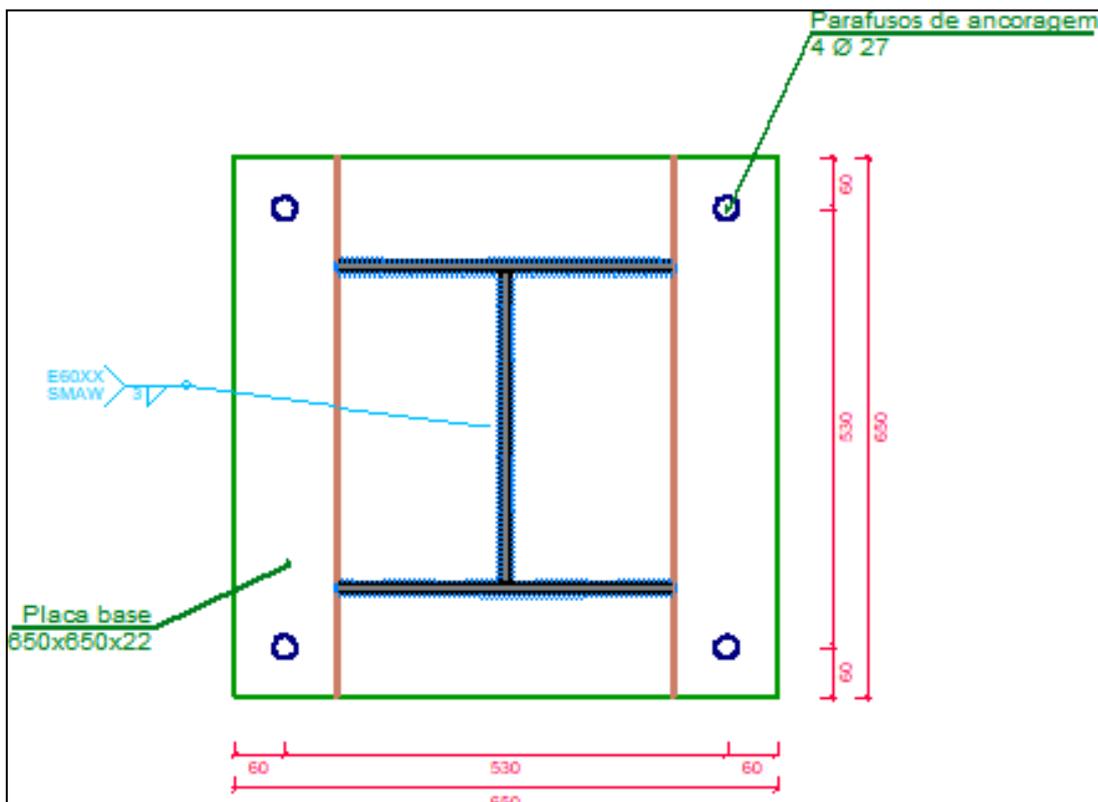


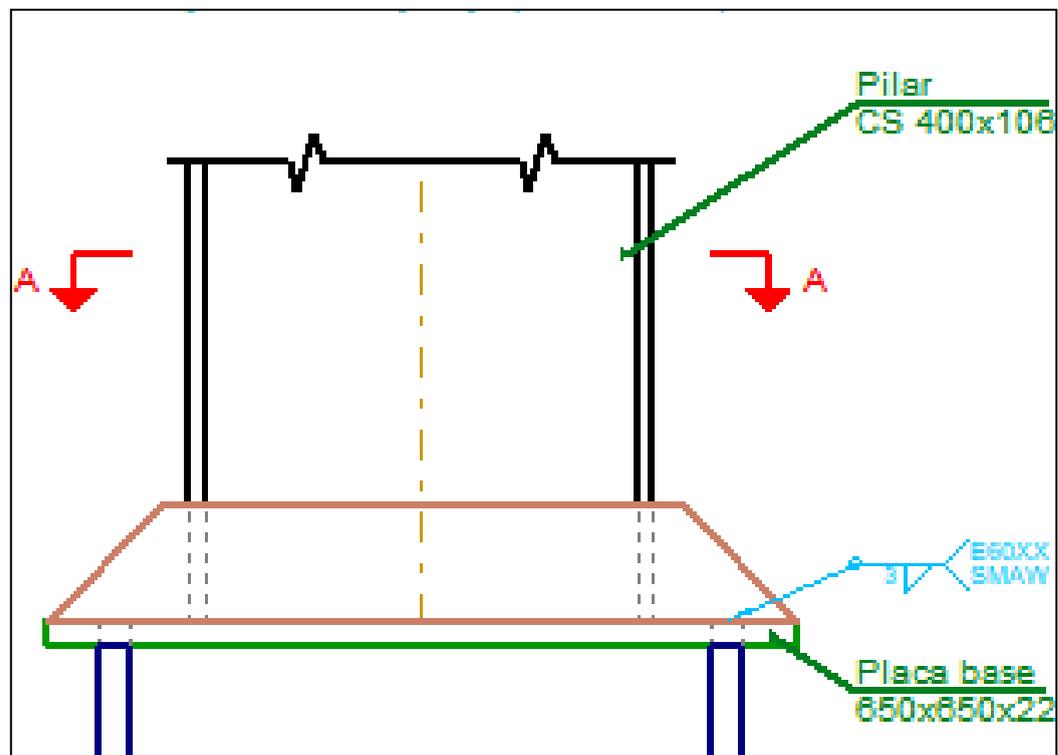
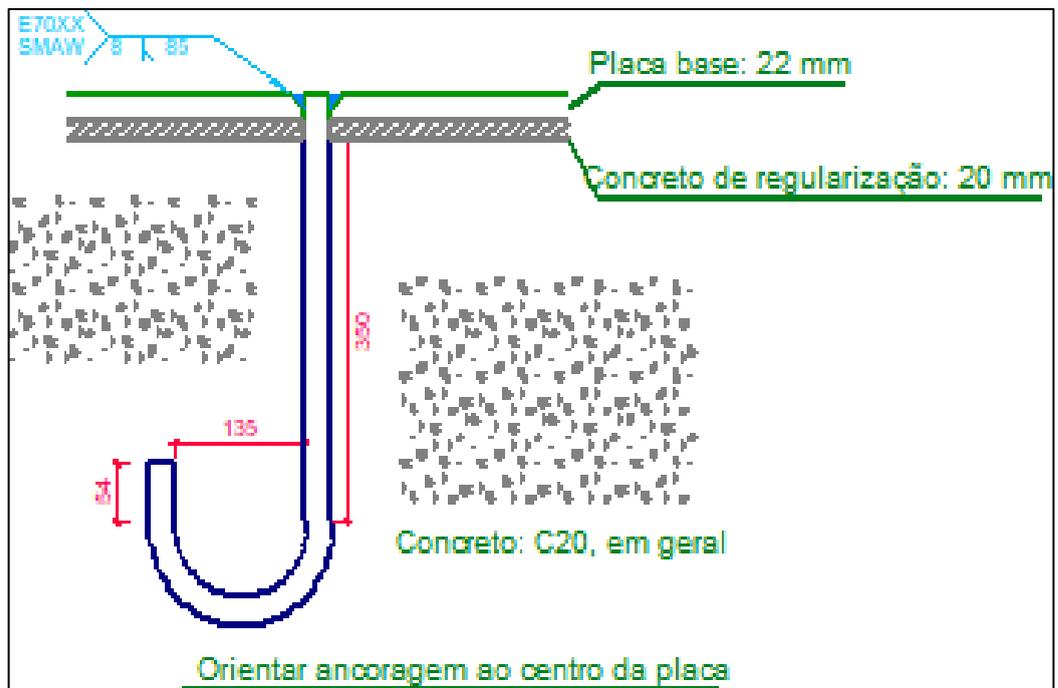
APÊNDICE 6 – Detalhamento ligação Tipo 3.



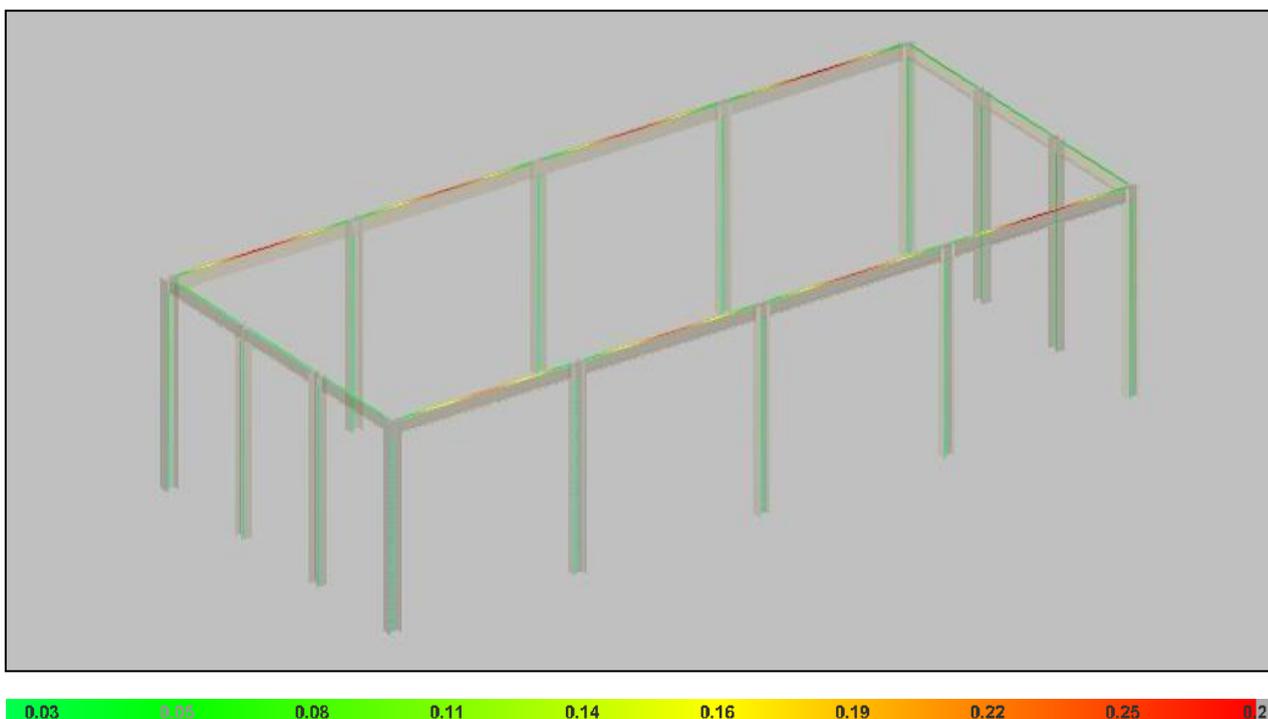


APÊNDICE 7 – Detalhamento placa de ancoragem





APÊNDICE 8 – Deformação nas barras



APÊNDICE 9 – Orçamento perfis e conectores

Perfis	Quantidade	Valor Unit KG	Kg por peça	Valor Total
CS 400X106 - 6mt	14	5,58	380	29685,6
VS 400X44 - 7mt	8	5,58	380	16693,2
VS 400X28 - 7mt	6	5,58	380	12722,4
TOTAL				56.101,20
Conectores	Quantidade	Valor unit.	Valor Total	
Parafusos 5/8"	170	6	1020	
Folhas de ferro (chapa/enrijecedor)	8	240	1920	
Parafusos 27mm 35cm	56	7,2	403,2	
TOTAL			R\$3.343,20	
VALOR TOTAL			R\$59.444,40	