

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**PROJETO DE EDIFÍCIO EM ESTRUTURA
METÁLICA: CONSUMO DE AÇO NA
METODOLOGIA DA NBR 8800:2008 E NO
SOFTWARE CYPE3D®**

Yago Martins Queiroz

GOIÂNIA

2018

Yago Martins Queiroz

**PROJETO DE EDIFÍCIO EM ESTRUTURA
METÁLICA: CONSUMO DE AÇO NA
METODOLOGIA DA NBR 8800:2008 E NO
SOFTWARE CYPE 3D**

Monografia apresentada na Disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia Civil e Ambiental (EECA) da Universidade Federal de Goiás.

Orientador: Prof. Dr. Ariovaldo Fernandes de Almeida

GOIÂNIA

2018

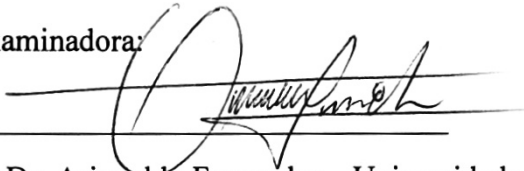
YAGO MARTINS QUEIROZ

PROJETO DE EDIFÍCIO EM ESTRUTURA METÁLICA: CONSUMO DE AÇO NA
METODOLOGIA DA NBR 8800:2008 E NO SOFTWARE CYPE3D®

Monografia apresentada no Trabalho de Conclusão de Curso 2 do Curso de Graduação
em Engenharia Civil ou Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de
Goiás.

Aprovado em: 13/12/2018.

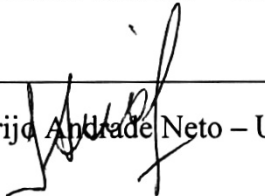
Banca Examinadora:



Professor Dr. Ariovaldo Fernandes – Universidade Federal de Goiás (Orientador)

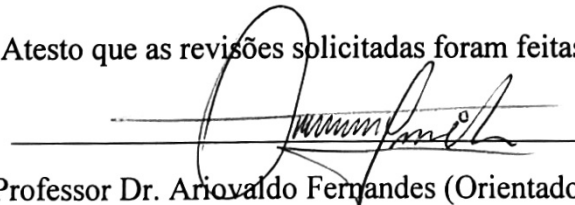


Professor Dr. Janes Cleiton de Oliveira – Universidade Federal de Goiás



Professor Msc. Ivo Carrijo Andrade Neto – Universidade Federal de Goiás

Atesto que as revisões solicitadas foram feitas:



Professor Dr. Ariovaldo Fernandes (Orientador)

Em: 13/12/2018

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Perda de espessura em ambiente industrial agressivo	11
Figura 2.2 - Comportamento dos aços A36 e A242 quando submetidos a tensões	13
Figura 2.3 - Detalhes para prevenir a corrosão de estruturas expostas às intempéries	14
Figura 2.4 - Detalhes de um laminador de tiras a quente	15
Figura 2.5 - Fases sucessivas e progressivas de laminação dos perfis, a partir do bloco ou tarugo	16
Figura 2.6 - Perfis de chapa dobrada: (a) perfil U; (b) perfil complexo; (c) perfil S; (d) perfil Z	17
Figura 2.7 - Perfis de compostos de chapas (perfis soldados) ou perfis laminados	18
Figura 2.8 - Diagrama Tensão Deformação de um aço	19
Figura 2.9 - Diagrama de tensão deformação para os aços ASTM A36, A242, A325 e A490	19
Figura 2.10 - Componentes estruturais típicos de um edifício	21
Figura 2.11 - Exemplo de uma sistemas estruturais planos	21
Figura 2.12 - Exemplo de uma treliça plana	22
Figura 2.13 - Tipos de estruturas de edifícios: (a) pórtico com ligações rígidas entre vigas e pilares; (b) estrutura com ligações viga-pilar flexíveis	22
Figura 2.14 - Tipos de treliçado vertical para contraventamento: (a) em X; (b) em K	23
Figura 2.15 - Exemplo do carregamento sobre uma placa	24
Figura 3.1 - Mapa de Isopletas para o território brasileiro	26
Figura 3.2 - Elementos tracionados na estrutura	28
Figura 3.3 - Colunas e seu exemplo de flambagem	29
Figura 3.4 - Diagrama esquemático da soldagem	31
Figura 3.5 - Ligações em edificações	32
Figura 3.6 - Bases rotuladas	33
Figura 3.7 - Bases engastadas	33
Figura 4.1 - Fluxograma da metodologia do projeto	34
Figura 5.1 - Características do Edifício analisado	39
Figura 5.2 - Estrutura do edifício	40
Figura 5.3 - Diagrama de momento fletor para o eixo B	41

Figura 5.4 - Diferentes tipos de perfis em uma viga	42
Figura 5.5 - Perfis que não atendem aos ELU e ELS	42
Figura 5.5 - Ligações que não atendem aos ELU e ELS	43

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades Mecânicas de Aços-carbonos	10
Tabela 2 - Propriedades Mecânicas de Aços de Baixa Liga	12
Tabela 3 - Propriedades Mecânicas de Aços-carbonos	32
Tabela 4 - Valores de coeficientes de ponderação das ações permanentes	33
Tabela 5 - Valores do valor ψ_0	33
Tabela 6 - Detalhes Geométricos da Estrutura	35
Tabela 7 - Especificações dos Materiais	35
Tabela 8 - Cargas Permanentes nos Pavimentos	36
Tabela 9 - Cargas Acidentais nos Pavimentos	36
Tabela 10 - Cargas Acidentais nos Poços de Elevador e Escada	37
Tabela 11 - Cargas de Vento na Estrutura	37
Tabela 12 - Tabela resumo dos materiais obtido pelo Cype3D®	44
Tabela 13 - Tabela resumo dos materiais obtido pelo Anexo D da Metodologia	44
Tabela 14 - Resultados: peso e taxa de consumo de aço	45

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas;
AISC	- American Institute of Steel Construction.
AWS	- American Welding Society
CBCA	- Centro Brasileiro de Construção em Aço;
CSA	- Canadian Standards Association;
EM	- European Standards;
ELS	- Estado Limite de Serviço;
ELU	- Estado Limite de Último;
IBS	- Instituto Brasileiro de Siderurgia;

LISTA DE SIMBOLOS

σ	- Tensão;
ε	- Deformação;
Kg	- Kilograma;
T	- Tonelada;
D	- Diâmetro;
%	- Porcentagem;
Fu	- Resistência à Ruptura;
Fy	- Limite de Escoamento;
Fck	- Resistência Característica do Concreto;
“	- Polegada;
M	- Metro;
CM	- Centímetro;
MM	- Milímetro;
M ²	- Metro Quadrado;
M ³	- Metro Cúbico;
N	- Newton;
kN	- Kilo Newton;
Pa	- Pascal;
MPa	- Mega Pascal;

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O PROJETO DE EDIFÍCIOS EM AÇO	8
1.2. OBJETIVOS	9
1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.3. JUSTIFICATIVA	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1. AÇOS ESTRUTURAIS	10
2.1.1. Aço carbono	10
2.1.2. Aços de baixa liga	11
2.1.3. Aços com Tratamento Térmico	12
2.2. PROPRIEDADES DOS AÇOS	12
2.2.1. Ductilidade	12
2.2.2. Dureza	13
2.2.3. Corrosão	13
2.3. PRODUTOS SIDERÚRGICOS ESTRUTURAIS	15
2.3.1. Perfis Laminados	15
2.3.2. Perfis de chapa dobrada	16
2.3.3. Perfis soldados e compostos	17
2.4. Diagramas Tensão deformação	18
2.5. SISTEMAS ESTRUTURAIS EM AÇO	20
2.5.1. Elementos estruturais	20
2.5.2. Sistemas planos de elementos lineares	21
2.5.3. Sistemas de pórticos para edificações	22
2.5.4. Sistemas de pisos para edificações	23
3. AÇÕES NAS ESTRUTURAS	24
3.1. Cargas Permanentes	24
3.2. Cargas Acidentais	25
3.3. Cargas de Vento	25
3.4. Combinações de Ações	26
3.5. PEÇAS TRACIONADAS	28
3.6. PEÇAS COMPRIMIDAS	29

3.7. LIGAÇÕES.....	30
3.7.1. Ligações parafusadas	30
3.7.2. Ligações soldadas	31
3.7.3. APOIOS.....	32
4. METODOLOGIA	34
4.1. Caracterização do edifício e dados inseridos	35
4.2. Abordagem via Cype3D®.....	37
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1. Resultados via Cype3D®	40
5.2. Resumo dos Materiais.....	43
5.3. Comparativo do Consumo de Aço	45
6. CONCLUSÃO	46
ANEXO A	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O PROJETO DE EDIFÍCIOS EM AÇO

De acordo com Bellei, Pinho e Pinho (2008), as estruturas de aço têm como vantagens:

1. Alta resistência em comparação com outros materiais;
2. O aço é um material homogêneo com a produção controlada;
3. O efeito de escala da produção industrializada das estruturas favorece os menores prazos e custos;
4. As estruturas permitem serem reforçadas para aumentar o seu desempenho;
5. Os materiais que não são mais necessários na construção podem ser facilmente reaproveitados;
6. Menores prazos de execução quando comparado com outros materiais.

Atualmente no Brasil a maior parte das construções de aço são de estruturas simples, tipo galpão, com coberturas e estruturas de um único pavimento. Essas são soluções práticas que devido ao seu baixo custo e rápida execução são bastante recomendadas em oficinas, fábricas, depósitos, ginásios, supermercados atacadistas, entre outros. Mas com as peças de perfis laminados, esse uso pode ser expandido para edifícios de múltiplos pavimentos em estrutura metálica.

Um edifício com estrutura metálica é recomendado quando se tem um objetivo de vencer grandes vãos consumindo pouco material estrutural, e pela sua rapidez na execução, pela praticidade, uma vez que as peças são entregues no canteiro de obras já prontas para serem instaladas, reduzindo assim os custos com o desperdício de materiais.

Quando se escolhe realizar um edifício em estrutura metálica, a quantidade total de aço utilizado obra é um fator determinante para o seu custo benefício, tendo em vista que o preço dos perfis em aço e das chapas utilizado em estruturas é em torno de R\$ 6,05/kg (Cotação feita na Filial Gerdau Aparecida de Goiânia no dia 16/11/2018). Este trabalho tem o intuito de comparar a quantidade de aço calculada pelo dimensionamento de um edifício de 8 pavimentos em estrutura de aço presente no Anexo D do livro dos Professores Idony, Fernando e Mauro, Edifícios de Múltiplos Andares em Aço, com o dimensionamento feito no *software* de dimensionamento da empresa CYPE®, o Cype3D®.

1.2. OBJETIVOS

Comparar o consumo de aço em um edifício de 8 pavimentos feito no Anexo D do livro dos Professores Idony, Fernando e Mauro, com o dimensionamento realizado no *software* Cype3D®, e verificar qual das metodologias obteve um resultado mais econômico na quantidade de aço.

1.2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aprender a metodologia de dimensionamento estrutural do *Software* Cype3D®;
- Projetar um edifício de 8 pavimentos, com 6 pórticos espaçados de 6,00 metros, com o pé direito de 3,00 metros. Cada pórtico possui 4 pilares espaçados de 6,00 metros cada, constituindo 3 vãos livres.
- Verificar o consumo de aço para o dimensionamento realizado no *software* Cype3D®, levantando um quantitativo de material utilizado, e comparar com o resultado obtido no livro Edifícios de múltiplos andares em aço. 2.ed.
- Apresentar uma nova perspectiva para o dimensionamento de estruturas feito com a assistência de um *software*.

1.3. JUSTIFICATIVA

A tecnologia está cada vez mais presente no nosso dia a dia, novos computadores, *softwares* e aparelhos são desenvolvidos e lançados em uma velocidade incrível, devemos utilizar de todos esses benefícios, principalmente na engenharia, ao máximo para extrair a maior vantagem disponível.

De acordo com Kimura (2018), a informática veio para aperfeiçoar a engenharia de estruturas, e jamais substitui-la, o *software* é uma ferramenta auxiliar e todo o sistema computacional deve estar baseado em formulações teóricas e consistentes. Mas devido ao alto grau de complexidade e sofisticação das análises disponíveis nos programas atuais o verdadeiro papel do computador acaba sendo confundido, e deve caber ao engenheiro utilizar as ferramentas computacionais sabendo distinguir os benefícios e suas limitações.

A escolha do *software* para este projeto, o Cype3D®, se deu em decorrência da sua facilidade em utilização, com as suas interfaces bastante intuitivas e interativas, por ser desenvolvido por uma empresa de grande renome internacional, a CYPE®, que atualiza a sua plataforma constantemente para se adequar às regulamentações brasileiras, e principalmente pela sua difusão dentro do mercado brasileiro devido ao seu custo-benefício.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. AÇOS ESTRUTURAIS

A aço é uma liga que consiste quase totalmente de ferro (98%), com adições de outros compostos, como o carbono, enxofre, zinco, silício, etc. A adição do carbono na liga é o que garante o maior efeito das propriedades do aço. As propriedades do aço são bem definidas, sendo elas a alta resistência mecânica quando comparado com outros materiais, a ductilidade, que é a capacidade do aço tem de sofrer deformações antes de se romper.

Os aços que são utilizados em estruturas são divididos em dois grupos: aços carbonos e aços de baixa liga.

2.1.1. Aço carbono

Este tipo de aço é o mais utilizado, pois a adição do aço na liga promove um aumento de resistência em relação ao ferro puro. Nas estruturas usuais de aço, utilizam-se um teor de carbono de no máximo 0,45%, para que a liga possua uma boa soldabilidade.

Se for adicionado um teor de carbono maior que 0,45%, a resistência e a dureza serão elevadas, porém, o aço se tornará mais quebradiço, com pouca ductibilidade e a sua soldabilidade diminuirá consideravelmente.

Os principais tipos de aço carbono são os definidos pela ABNT, ASTM e pelas normas europeias EN, e estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 Propriedades Mecânicas de Aços-carbonos

Especificação	Teor de carbono %	Limite de escoamento fy (Mpa)	Resistência à ruptura fu (Mpa)
ABNT MR250	baixo	250	400
ASTM A7		242	370-500
ASTM A36	0,25-0,29	250 (36 ksi)	400-500
ASTM A307 (parafuso)	baixo	-	415
ASTM A325 (parafuso)	médio	635 (min)	825 (min)
EM S235	baixo	235	360

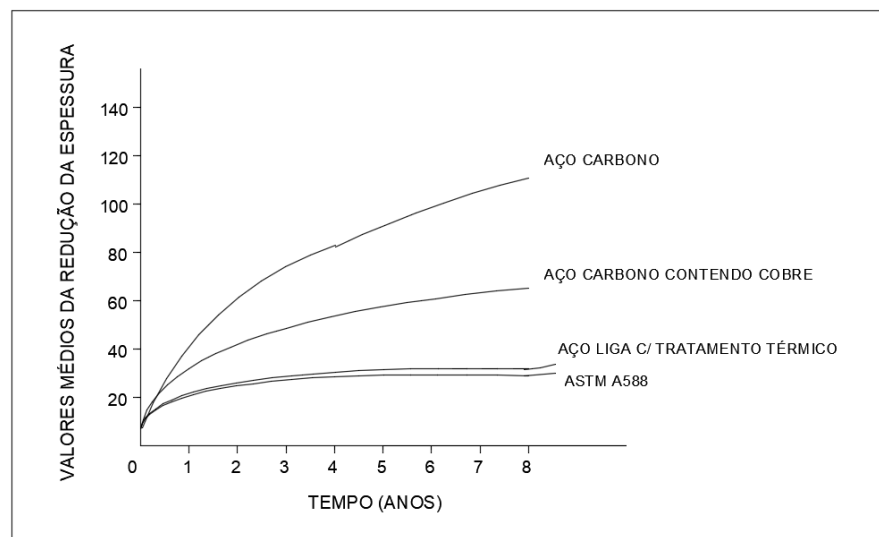
(Fonte: PFEIL; PFEIL, 2010)

2.1.2. Aços de baixa liga

Os aços de baixa liga são os aços carbono com adição de componentes como o cobre, silício, manganês, etc., que em pequenas quantidades trazem um aumento de resistência do aço, através da modificação da sua estrutura. Graças a esses elementos, podemos obter uma resistência elevada utilizando-se um teor de carbono na ordem de 0,20%, o que permite uma boa soldabilidade (BELLEI, 2010).

Com a adição de outros componentes, como o cromo, níquel, cobre, alumínio, esses aços podem ter a sua resistência a corrosão atmosférica, sendo também chamados de aços patináveis, conforme podemos identificar na Figura 2.1 a seguir, que mostra que os aços carbonos com adição de outros componentes tendem a ter menor redução de espessura em ambientes mais corrosivos.

Figura 2.1 - Perda de espessura em ambiente industrial agressivo



(Fonte: BELLEI, 2010)

Os aços patináveis também possuem uma característica de terem propriedades mecânicas em comparação com outros tipos de aços. A tabela 2 mostra algumas propriedades mecânicas desses tipos de aços.

Tabela 2 Propriedades Mecânicas de Aços de Baixa Liga

Especificação	Principais elementos de liga	Limite de escoamento f_y (Mpa)	Resistência à ruptura f_u (Mpa)
ASTM 572 Gr.50	C < 0,23% Mn < 1,35%	345	450
ASTM A588	C < 0,17% Mn < 1,2% Cu < 0,50%	345	485
ASTM A992	C < 0,23% Mn < 1,5%	345	450

(Fonte: PFEIL; PFEIL, 2010)

2.1.3. Aços com Tratamento Térmico

As ligas de aço podem ter as suas resistências aumentadas com alguns tipos de tratamento térmico. Porém a sua soldagem é mais difícil, o que leva a fazer o seu uso pouco usual em estruturas correntes.

Já na utilização de alguns parafusos de alta resistência são empregados modelos fabricados de aço carbono sujeitos a tratamentos térmicos, como por exemplo os parafusos de especificação ASTM A325.

2.2. PROPRIEDADES DOS AÇOS

As propriedades mecânicas são as características mais importantes para os aços, dentro da sua aplicação no campo da engenharia. Suas propriedades mecânicas irão definir o comportamento dos aços quando submetidos a esforços mecânicos e correspondem a sua capacidade em resistir e transmitir as tensões aplicadas, evitando a sua ruptura ou excesso de deformação.

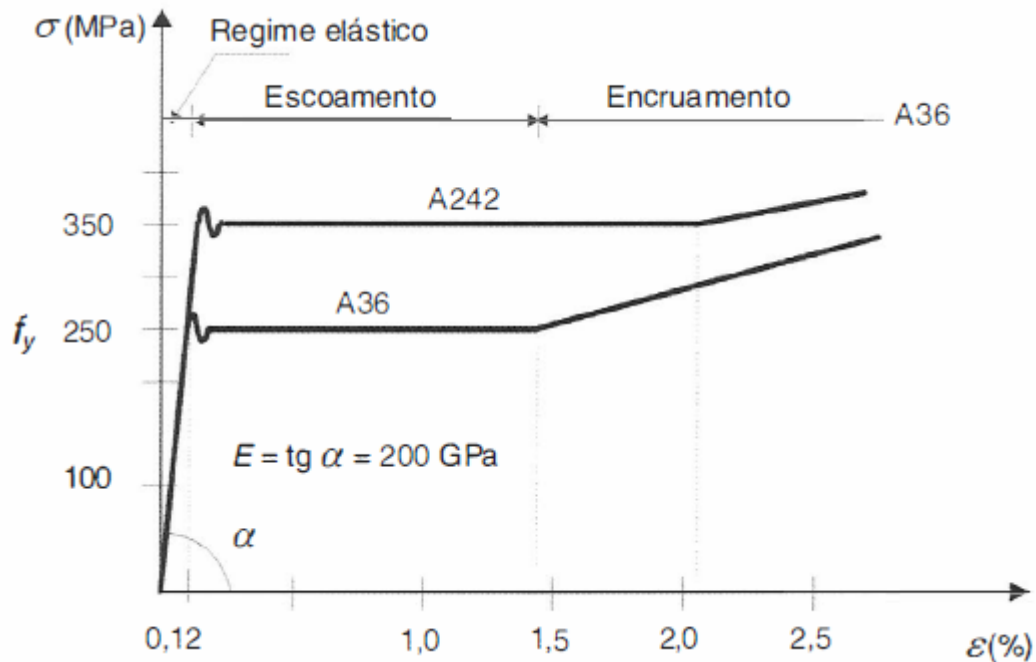
2.2.1. Ductilidade

De acordo com Dias (2015), ductilidade é a capacidade de se deformar plasticamente sem se romper. O aço quando é sujeito a tensões elevadas sofre deformações para resistir às tensões aplicadas, e quando maior for a ductibilidade do material, mas ele irá se alongar ou reduzir a sua área antes da ruptura.

Em prática isso é um aviso de segurança para a existência de elevadas tensões na estrutura.

Na Figura 2.2 podemos ver o comportamento de dois tipos de Aço, o A242 e o A36 quando se é aplicado tensões (σ), medindo o seu escoamento em porcentagem do comprimento total (ϵ).

Figura 2.2 Comportamento dos aços A36 e A242 quando submetidos a tensões



(Fonte: PFEIL; PFEIL, 2010)

2.2.2. Dureza

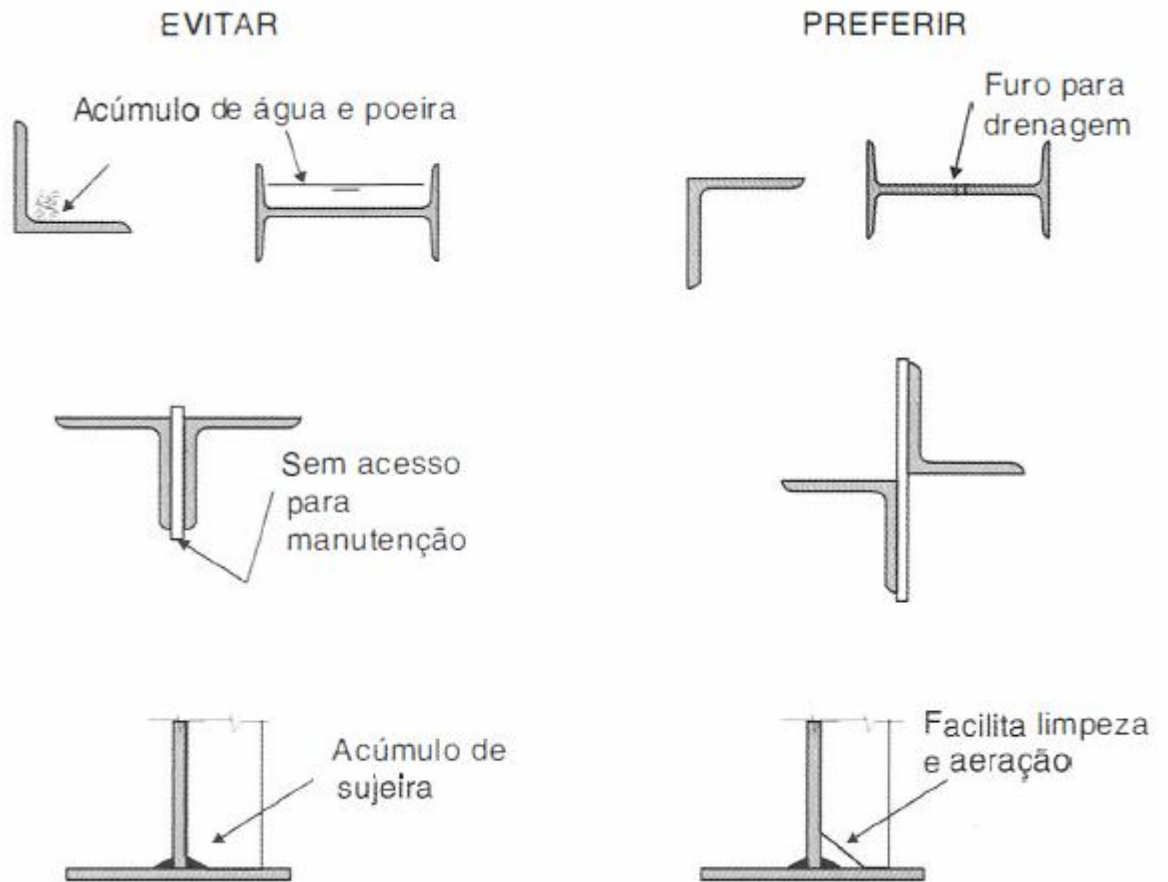
A dureza é a denominação que se dá para a resistência ao risco ou a abrasão. Essa propriedade se é medida por ensaios que caracterizam a resistência que o material tem pela penetração de outro material de maior dureza. De acordo com Dias (2015 p.27) esse ensaio é um dos meios existentes para se verificar explicitamente a resistência do aço.

2.2.3. Corrosão

A corrosão é o processo em que alguns elementos presentes no ambiente reagem com o aço, promovendo a perda da seção da área de aço, o que pode vir a levar a estrutura a ruína. Dias (2015, p. 139) destaca que “corrosão é definida como o conjunto de alterações físico-químicas que uma substância sofre pelas ações de determinados reagentes na natureza.”

Para se evitar que o aço corra mais do que o esperado, algumas medidas podem ser adotadas, conforme ilustrado na Figura 2.3 a seguir, é recomendado evitar o contato entre metais diferentes, como por exemplo o aço e o alumínio, pois a estrutura molecular dos materiais podem favorecer a transferência de elétrons, contribuindo assim para o aumento da oxidação dos materiais.

Figura 2.3 Detalhes para prevenir a corrosão de estruturas expostas às intempéries



(Fonte: PFEIL; PFEIL, 2010)

Alguns aços já possuem em sua estrutura componentes que auxiliam na proteção contra a corrosão em ambientes agressivos, entre eles, pode se destacar o aço patinável, a sua grande vantagem em relação aos outros tipos de aços carbono está na maior resistência mecânica à corrosão, devido a adição de outros elementos de liga, como cobre, níquel, cromo, silício e, eventualmente, fósforo, correspondendo, aproximadamente, a 3-5% da composição.

O aço patinável, como possui outros elementos em sua composição, que reagem ao oxigênio no ambiente com maior facilidade do que o ferro na composição, é formada uma camada de material oxidado em sua superfície, a Pátina, que se transforma em uma proteção natural evitando a evolução da corrosão, ainda podendo ser usada como uma textura externa, por ter uma aparência alaranjada não necessita de pinturas (PFEIL; PFEIL, 2010)

2.3. PRODUTOS SIDERÚRGICOS ESTRUTURAIS

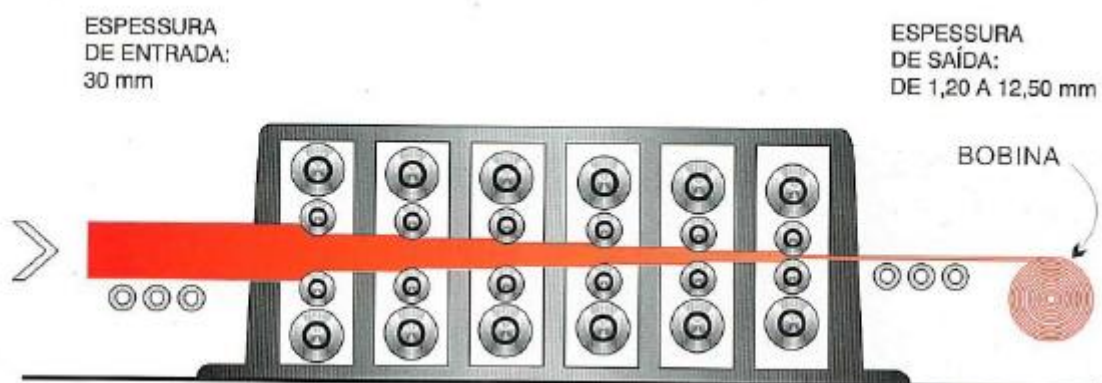
De acordo com Maciel e Rocha (2003), o setor da economia que mais consome aço é a construção civil. No ano de 2000, esse consumo correspondeu por mais de 31% do total. É uma fatia grande e crescente, cuja tendência tende a expandir com as vantagens e as aplicações de alto desempenho que o aço pode oferecer à construção civil. As inovações tecnológicas que foram introduzidas no processo siderúrgico trouxeram para o processo de fabricação, uma economia dos custos totais, melhor qualidade e redução de prazos, fazendo o aço ter suas vantagens cada vez mais reconhecidas, e atendendo aos desejos da construção civil.

2.3.1. Perfis Laminados

A laminação é o processo que dá forma ao aço, ela consiste pela redução da área da seção transversal alongando o produto, que veio do processo de lingotamento, para conformá-lo na forma desejada (barras, perfis, chapas, etc.).

O processo de laminação ocorre quando o produto que veio do lingotamento passa pelos rolos de laminação, que aplicam pressão de compressão para reduzir a sua seção, na figura 2.4 a seguir temos um exemplo de um processo de laminação de tiras a quente. Na laminação a frio, o processo é o mesmo, a diferença é que o produto que entra no laminador está com temperaturas reduzidas.

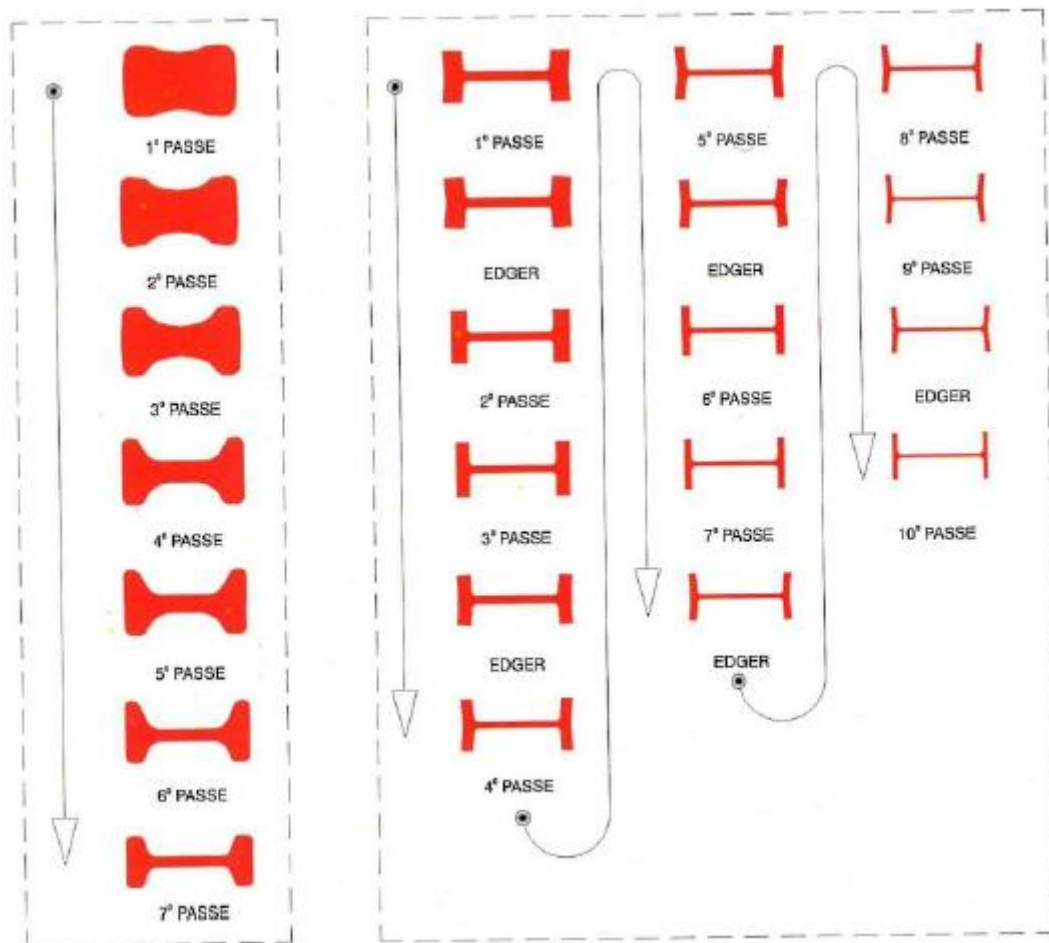
Figura 2.4 Detalhes de um laminador de tiras a quente.



(Fonte: DIAS, 2015)

Os perfis laminados são produzidos através da laminação à quente, com as seções transversais dos laminadores em formato de “I” e “H”. A limitação para a altura da seção depende do tipo de laminador que está sendo utilizado, sendo esse tamanho variando de 200mm até aproximadamente 600mm (BELLEI, 2010). Todo o processo de laminação ocorre em várias etapas, com o bloco de aço entrando pelo laminador e sendo progressivamente prensado até se obter o perfil desejado.

Figura 2.5 Fases sucessivas e progressivas de laminação dos perfis, a partir do bloco ou tarugo.



(Fonte: DIAS, 2015)

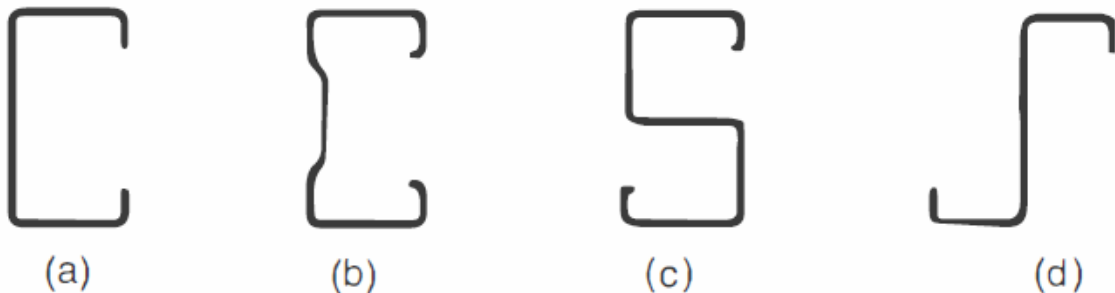
2.3.2. Perfis de chapa dobrada

As chapas metálicas podem ser dobradas depois de frias, se tornando os perfis de chapas dobradas. O procedimento de dobra é feito em prensas especiais, que contém as formas com os raios para dobras delimitados para o tipo de perfil desejado.

As normas de projetos para a fabricação e execução destes tipos de perfis são regulamentadas pelo American Iron and Steel Institute (AISI) e NBR 14762:2010 - Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Essas normas também recomendam que a espessura das chapas a se utilizar sejam de pelo menos 3 mm, pois valores de espessuras menores que estes podem levar a instabilidades estruturais que não se encontram nos perfis laminados.

Na figura 2.6 a seguir, podemos ver os principais tipos de perfis adotados no mercado.

Figura 2.6 Perfis de chapa dobrada: (a) perfil U; (b) perfil complexo; (c) perfil S ; (d) perfil Z.



(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

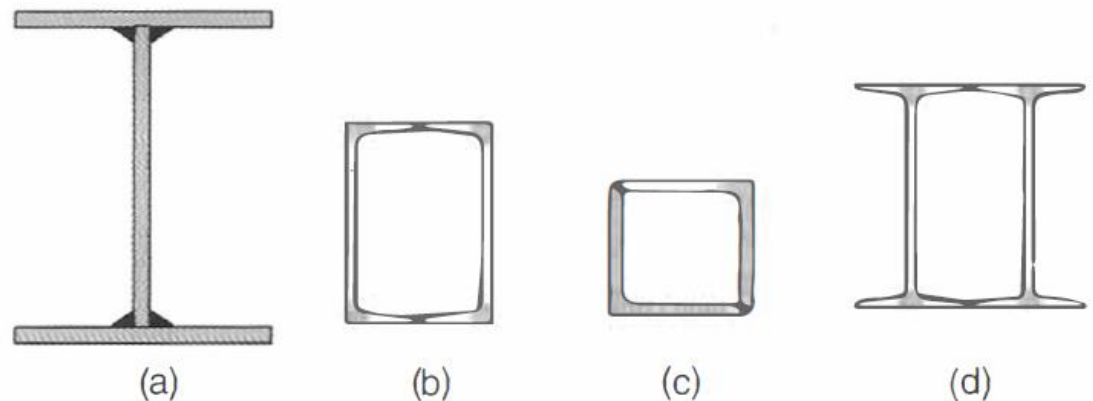
2.3.3. Perfis soldados e compostos

As limitações impostas pelas máquinas de laminação deixam de existir se adotarmos os processos de solda para a confecção dos perfis. Geralmente este tipo de perfil se é utilizado em casos extremos quando não se encontram os perfis laminados disponíveis no mercado.

Com a evolução dos processos as soldas automatizadas, os processos de associação de chapas e de perfis conseguem ser competitivos em escala industrial e se obtém uma boa qualidade de execução.

A NBR 5884:2013 definiu três tipos de perfis soldados, sendo eles os Perfis CS (coluna soldada), VS (viga soldada) e CVS (colunas e vigas soldadas). Na figura 2.7 podemos ver perfis compostos pela associação de chapas (a) e pela associação de perfis laminados simples (b, c e d).

Figura 2.7 Perfis de compostos de chapas (perfis soldados) ou perfis laminados.



(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

2.4. Diagramas Tensão deformação

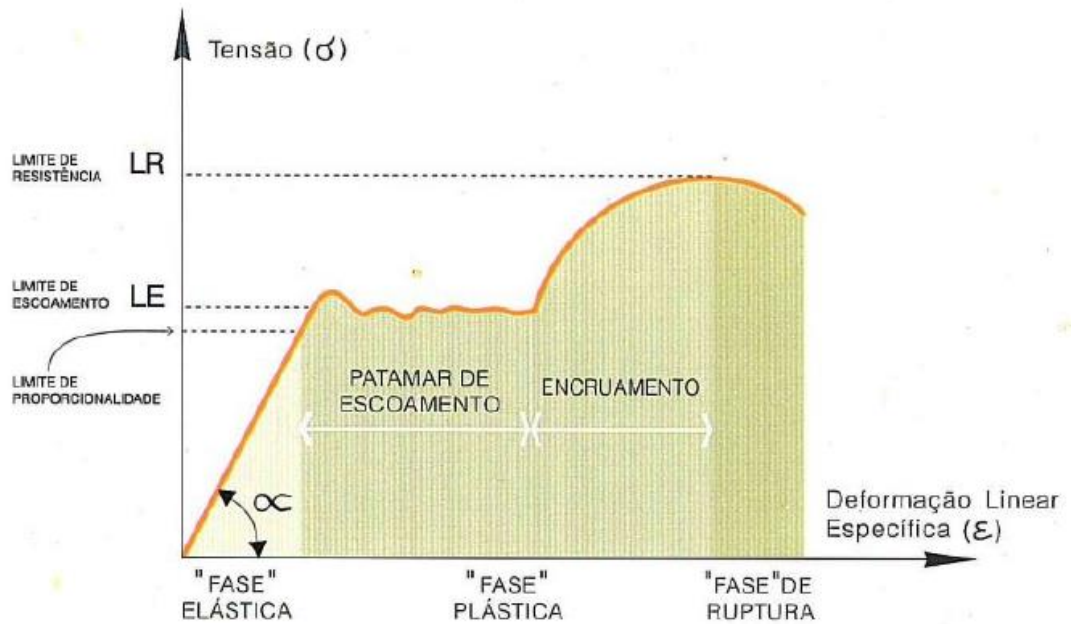
A partir de um simples ensaio de tração em uma peça de aço, é possível se obter os valores característicos para as tensões (σ) e deformações (ϵ) do aço. Este tipo de ensaio se aplica uma força de tração crescente em uma barra de aço, que irá sofrer uma deformação em forma de alongamento do seu comprimento, deformação essa que é correspondente ao esforço submetido.

De acordo com Dias (2015), dentro do limite de deformação se pode observar algumas fases deste processo, sendo elas:

- A fase elástica é a primeira parte do ensaio (trecho retilíneo), em que a deformação da peça segue os princípios da lei de Hooke, ou seja, ela é proporcional ao esforço aplicado. O valor da constante nessa fase é chamado de módulo de elasticidade;
- A fase plástica é aonde se ocorrem as deformações crescentes sem variar a tensão (patamar de escoamento), e o valor da constante nessa fase é chamado de limite de escoamento;
- Após o escoamento, mas ainda na fase plástica, a estrutura interna do aço se rearranja e passa pelo encruamento, aonde se verifica novamente a variação da deformação com a tensão. Porém dessa vez essa relação não é linear;

Na figura 2.8 mostra o aspecto geral do diagrama tensão deformação para o aço.

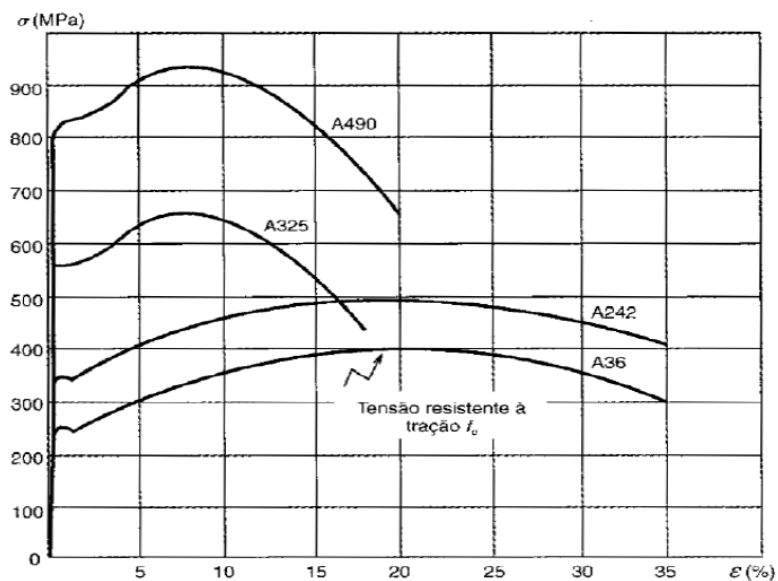
Figura 2.8 Diagrama Tensão Deformação de um aço.



(Fonte: DIAS, 2015)

Realizando-se esse tipo de ensaio para vários tipos de aço, se obtém o diagrama tensão deformação correspondente, conforme indicado na Figura 2.9.

Figura 2.9 Diagrama de tensão deformação para os aços ASTM A36, A242, A325 e A490.



(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

2.5. SISTEMAS ESTRUTURAIS EM AÇO

O cálculo das estruturas reais é muito complexo e trabalhoso, por isso se utilizam os modelos simplificados dos sistemas estruturais. Com o avanço da capacidade de processamento dos computadores e a maior precisão dos *softwares*, os modelos teóricos têm se comportado cada vez mais como as “situações reais”, e os sistemas estruturais podem ser analisados com uma maior complexidade, aumentando a segurança de projeto e trazendo benefícios para o canteiro de obras.

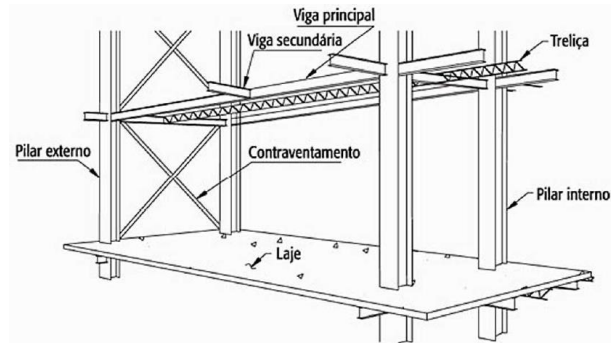
A escolha do sistema estrutural que irá sustentar o edifício é importante para os aspectos quantitativos de consumo de aço no final da obra, e irá facilitar a fabricação e a montagem dos elementos, reduzindo o custo total do empreendimento.

De acordo com Bellei, Pinho e Pinho (2008), quando se pode utilizar contraventamentos verticais para dar estabilidade às cargas horizontais, podemos fazer o resto da estrutura trabalhar de forma mais simples com maior números de ligações flexíveis e explorando ao máximo as vigas mistas, tornando a estrutura mais leve e fácil de se montar. Ao contrário, quando se é impedido a utilização de contraventamentos, é necessário a aporticação da estrutura, resultando em uma estrutura com ligações rígidas, o que aumenta o tempo de montagem da estrutura e a torna menos econômica.

2.5.1. Elementos estruturais

A forma dos sistemas estruturais dos edifícios se dá principalmente pelos componentes estruturais horizontais, sendo eles as vigas principais, secundárias, lajes e painéis. Pelos sistemas estruturais verticais, os pilares externos, internos e contraventamentos. Temos sempre que considerar as cargas horizontais de ventos, que sempre impactam no dimensionamento dos sistemas estruturais.

Figura 2.10 Componentes estruturais típicos de um edifício.



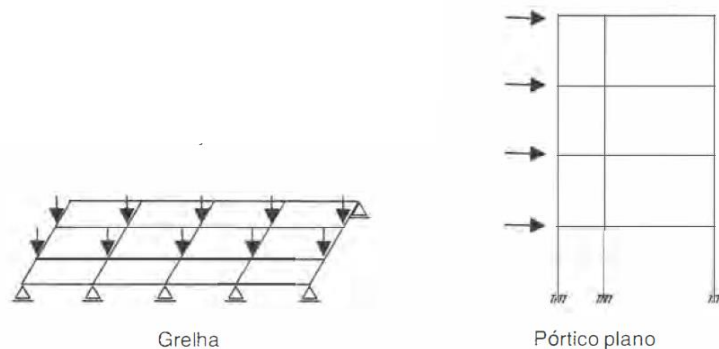
(Fonte: BELLEI, PINHO, PINHO, 2008)

2.5.2. Sistemas planos de elementos lineares

Os sistemas planos são formados por elementos lineares, sendo eles as barras, vigas, colunas, tirantes, que serão submetidas a carregamentos pertencentes ao mesmo plano de análise. A ideia é analisar apenas os esforços e as deformações que acontecem nesse plano, reduzindo o volume total de cálculo no dimensionamento.

Dentro desses modelos de análise, os mais utilizados são o pórtico plano, que são associações retilíneas ou curvilíneas com ligações rígidas ou rotuladas entre si, sendo este mais utilizado em estruturas de edificações. E a grelha plana, que é formada por dois ou mais feixes de vigas ortogonais ou oblíquas entre si, que suportam carregamentos na direção perpendicular ao plano da grelha. As grelhas são mais usadas em pisos de edifícios e superestruturas de pontes (PFEIL, PFEIL, 2010).

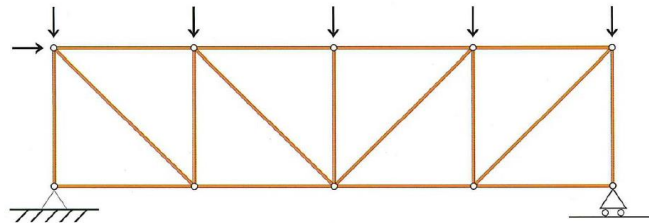
Figura 2.11 Exemplo de uma sistemas estruturais planos.



(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

Alguns desses modelos de sistemas, no entanto, exigem as suas próprias peculiaridades, como por exemplo a Trelça Plana, que é um tipo de pórtico plano em que a estrutura é formada por barras coplanares articuladas entre si, e submetidas a carregamentos sobre os nós (Dias, 2015).

Figura 2.12 Exemplo de uma trelça plana.



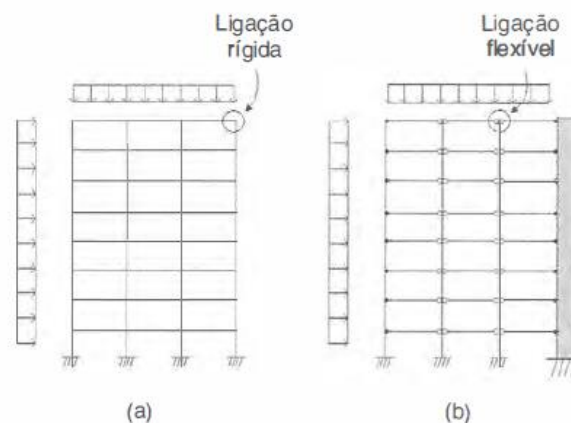
(Fonte: DIAS, 2015)

2.5.3. Sistemas de pórticos para edificações

Os sistemas de pórticos dependem das associações entre as vigas e os pilares, no geral temos dois tipos de ligações, as ligações rígidas e as flexíveis, são caracterizadas as ligações rígidas as que transmitem os momentos fletores entre as peças da ligação, e as flexíveis absorvem total ou parcialmente os momentos fletores.

A estrutura com ligações entre as vigas e pilar flexíveis é estável apenas para as cargas verticais, sendo sujeita a deslocamentos quando se aplica cargas horizontais, por isso é comumente usual associar uma subestrutura com uma grande rigidez à flexão, chamado de contraventamento, para que essa estrutura consiga resistir aos esforços horizontais.

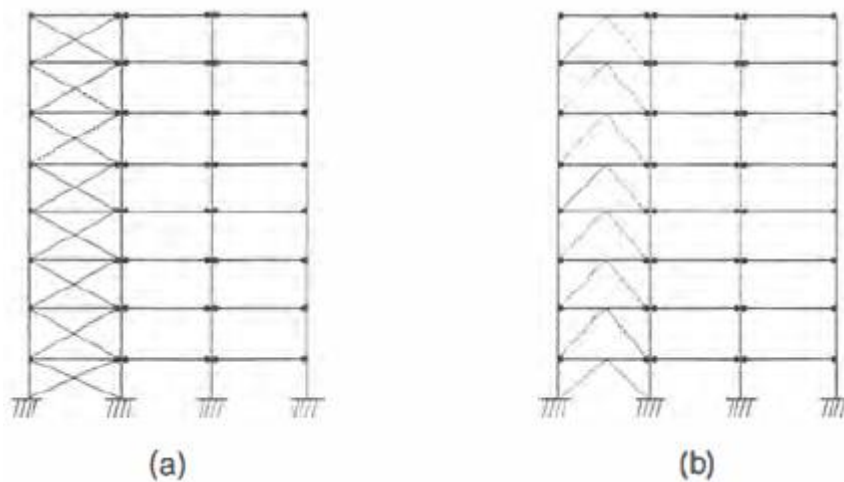
Figura 2.13 Tipos de estruturas de edifícios: (a) pórtico com ligações rígidas entre vigas e pilares; (b) estrutura com ligações viga-pilar flexíveis.



(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

As ligações flexíveis são mais simples de serem instaladas e tem menor custo em relação às rígidas. Mas pelo fato de que é necessário a utilização de subestruturas de contraventamentos, podendo esses contraventamentos serem paredes rígidas diagramas ou então uma subestrutura treliçada, acaba gerando uma concentração de forças horizontais nas fundações. Para contornar esse inconveniente, as diagonais de contraventamento em X podem ser dispostas em K, conforme a figura 2.14 (PFEIL, PFEIL, 2010),

Figura 2.14 Tipos de treliçado vertical para contraventamento: (a) em X; (b) em K.



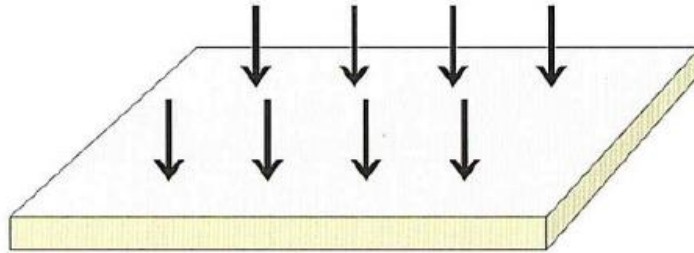
(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

2.5.4. Sistemas de pisos para edificações

As estruturas de piso são compostas de vigas principais e secundárias, com a associação de uma laje de concreto armado. Seu funcionamento é como placa que sofre carregamentos perpendiculares ao plano que é formado pelas suas duas maiores dimensões.

De acordo com Pfeil, Pfeil (2010) além de transmitir as cargas verticais para as vigas principais, e por sua vez transmitem essas cargas par aos pilares, o piso também é responsável por distribuir entre os pilares e as subestruturas de contraventamento as cargas de vento atuantes.

Figura 2.15 Exemplo do carregamento sobre uma placa.



(Fonte: DIAS, 2015)

As lajes de concreto podem ter a sua execução como sendo moldadas no local e pré-fabricadas. Os sistemas mais utilizados, o *Steel Deck*, que é um sistema moldado no local sobre uma forma de chapa corrugada de aço, destaca-se por ser uma opção em que a chapa já atua como a armadura inferior da laje, e serve de plataforma de trabalho, evitando a desmobilização do piso inferior.

3. AÇÕES NAS ESTRUTURAS

As ações nas estruturas são entendidas como tudo aquilo que provoca tensões e deformações nos elementos estruturais (CHAMBERLAIN, FICANHA, FABEANE, 2013).

De acordo com as recomendações da NBR 8800:2008 as ações e cargas podem ser classificadas como permanentes e variáveis, e no projeto devem ser consideradas na análise da estrutura todas as cargas significativas, e realizada as devidas verificações nos estados limites últimos e de serviço.

3.1. Cargas Permanentes

As cargas permanentes são cargas verticais compostas pelo peso próprio da estrutura e pelo peso dos materiais de acabamento. São as ações que não irão variar durante toda a vida útil da edificação.

3.2. Cargas Acidentais

As cargas acidentais são aquelas que podem ou não atuar na estrutura, normalmente os valores dependem da utilização da edificação.

Segundo BELLEI (2010) em edifícios de porte pequeno, fora de zonas de acúmulo de poeira, pode-se adotar para sobrecargas de cobertura o valor de $0,15\text{kN/m}^2$ (15 Kg/m^2) para cobrir chuvas, etc.

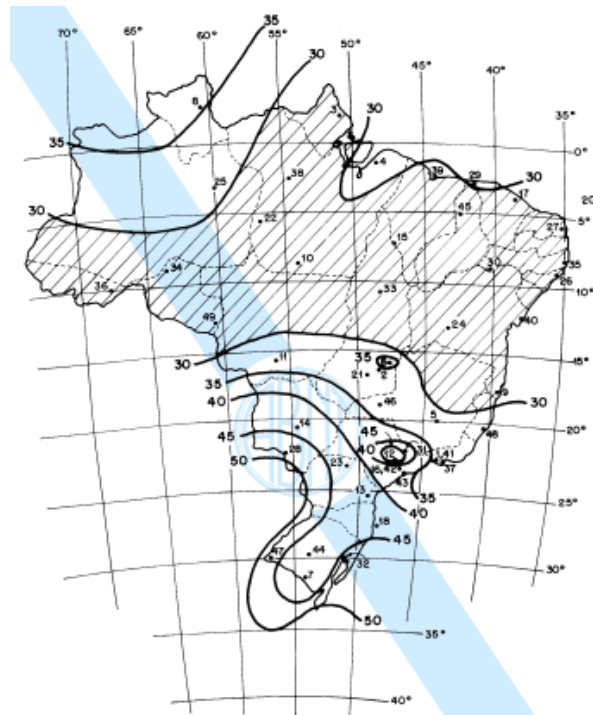
3.3. Cargas de Vento

A carga devido ao vento é de extrema importância no dimensionamento das estruturas. A NBR 6123:1988 regulamenta os procedimentos para determinar as ações de ventos a serem consideradas no projeto. Segundo BELLEI (2010), em geral no projeto se determina uma velocidade máxima do vento, que depende dos fatores:

- Velocidade característica do vento V_0 ;
- Fator Topográfico S_1 ;
- Fator de rugosidade S_2 ;
- Dimensões da edificação;
- Fator estatístico S_3 ;

A velocidade característica do vento, depende da localização considerada do projeto, a norma de vento, a partir de medições realizadas em todo o território brasileiro, gerou um mapa de isopletas, conforme visto na Figura 3.1. Por definição da norma, a velocidade característica de vento é uma rajada de 3 segundos, com ocorrência uma vez a cada 50 anos a 10 metros do terreno, em campo aberto.

Figura 3.1 Mapa de Isopletas para o território brasileiro.



(Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1988)

De acordo com os fatores topográficos, de rugosidade, dimensões da edificação e risco probabilístico às vidas humanas, são determinados os coeficientes S1, S2 e S3. Através dele se obtém a pressão característica, e finalmente se encontra a força exercida em cada parte da edificação.

3.4. Combinações de Ações

As cargas descritas acima podem atuar isoladamente ou combinadas na estrutura, o que significa que o carregamento na estrutura (F_d) deve ser calculado pela combinação mais crítica de cargas que podem ocorrer simultaneamente.

Segundo a NBR 8800 (ABNT, 2008) para cada combinação deve-se aplicar a equação 3.1 abaixo, que contempla as cargas permanentes, cargas variáveis principais e as secundárias:

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{Gi} * F_{Gi, k}) + \gamma_{q1} * F_{q1, k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} * \psi_{oj} * F_{qj, k}) \quad (3.1)$$

Onde:

F_d = força; valor de ação;

$F_{G_i,k}$ = valores característicos das ações permanentes;

$F_{q1,k}$ = valor característico da ação variável considerada principal para a combinação;

$F_{qj,k}$ = valores característicos das ações variáveis que podem atuar concomitantemente com a ação variável principal;

γ_g = coeficiente de ponderação das ações permanentes;

γ_q = coeficiente de ponderação das ações variáveis;

ψ_0 = fator de combinação.

As tabelas 3, 4 e 5 trazem os valores desses coeficientes dados pela norma, para as diferentes combinações.

Tabela 3 Propriedades Mecânicas de Aços-carbonos.

Combinações	Ações Variáveis (γ_q)			
	Efeitos da temperatura	Ação do Vento	Ações Truncadas	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação
Normais	1,2	1,4	1,2	1,5

(Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008)

Tabela 4 Valores de coeficientes de ponderação das ações permanentes.

Combinações	Ações Permanentes (γ_g)				
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos
Normais	1,25 1,00*	1,3 1,00*	1,35 1,00*	1,4 1,00*	1,5 1,00*

* Valores correspondentes aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis para à segurança.

(Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008)

Tabela 5 Valores do valor ψ_0 .

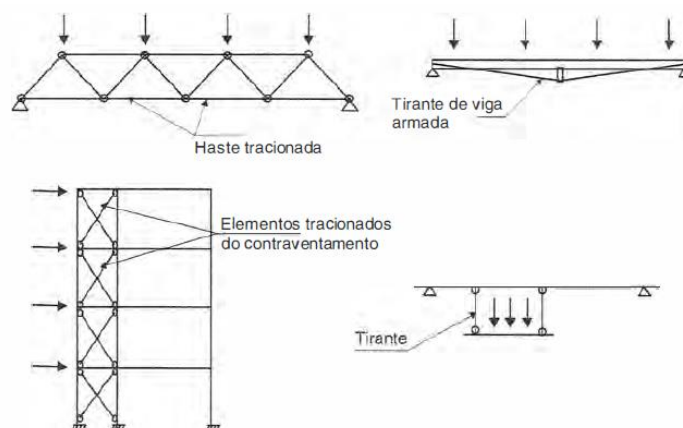
Ações		ψ_0
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas	0,5
	Locais que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas	0,7
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas, garagens e sobrecargas em estruturas	0,8
Vento	Pressão dinâmica nas estruturas em geral	0,6

(Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008)

3.5. PEÇAS TRACIONADAS

As peças tracionadas são aquelas que estão sujeitas aos esforços axiais, ou tração simples. Na estrutura elas são aplicadas sob diversas formas, podendo estar nos tirantes, nos contraventamentos, no travamento de vigas e colunas, conforme imagem 3.2.

Figura 3.2 Elementos tracionados na estrutura.



(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

Os tipos de perfis utilizados são geralmente os perfis laminados simples e compostos, com as ligações nas extremidades ou em outras partes da estrutura podendo ser soldados, com conectores aplicados em parafusos e com rosca e porca para barras rosqueadas.

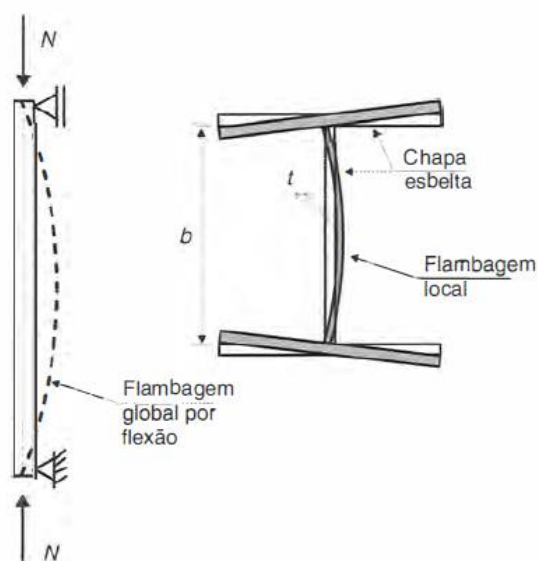
Nas peças tracionadas com a variação da aplicação da carga, aparecem deformações em forma de alongamento da peça e diminuição da área da seção transversal, e dependendo da intensidade dessa carga, a peça pode vir a ruir por ter atingido o seu limite de escoamento

3.6. PEÇAS COMPRIMIDAS

Por definição uma coluna é uma peça vertical sujeita à compressão centrada. E diferente os esforços de tração, que tendem a alongar as barras, a compressão retifica as peças, aumentando o seu raio de curvatura inicial, gerando deslocamentos laterais conhecidos como flambagem. A flambagem depende da esbeltes da chapa, que por definição é uma função da razão do comprimento pela espessura da peça.

As peças sujeitas a compressão em uma estrutura são os pilares, os sistemas de contraventamento e alguns componentes das treliças.

Figura 3.3 Colunas e seu exemplo de flambagem.



(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

3.7. LIGAÇÕES

A ligação é a união entre duas ou mais peças ou membros da estrutura. Tem que se tomar um cuidado com o processo executivo pois a ligação representa a segurança da construção. Este é um ponto que deve ser analisado cautelosamente, pois o custo da obra pode ser elevado caso escolha a execução de ligações mais complexas.

A escolha do tipo de ligação deve ser estudada levando em conta, o tipo de montagem da estrutura, pois dependendo da dificuldade de execução pode provocar atrasos, defeitos e acidentes durante a união das peças.

3.7.1. Ligações parafusadas

As ligações que são feitas na montagem final de campo das estruturas, e nas fábricas podem ser com a utilização de parafusos, trazendo maior rapidez na execução das ligações no campo, reduzindo o consumo de energia, a utilização de mão de obra não muito qualificada e uma melhor resposta às tensões de fadiga.

Os parafusos possuem uma extremidade com a cabeça quadrada ou sextavada, e a outra com uma rosca e porca, sendo instalados por torção entre a porca e a rosca, gerando atrito entre as peças que se deseja conectar e trabalham comumente sobre tensões de cisalhamento e/ou tração (PFEIL, PFEIL 2010).

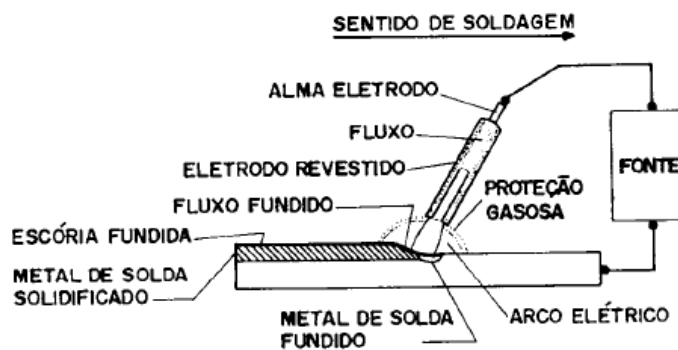
Já os parafusos de alta resistência, são empregados quando se necessita de transmitir altas cargas entre as peças, e são fabricados de aço carbono com um tratamento térmico, o tipo mais comum é o de aço ASTM A325, os esforços entre as barras são transmitidos pelo atrito causado pela pressão exercida entre as partes ligadas. Estes parafusos são apertados de tal maneira que a tensão de tração produz um extremo atrito entre as peças ligadas, estão sempre trabalhando na sua resistência última, para um melhor aproveitamento do sistema (DIAS, 2015).

3.7.2. Ligações soldadas

A soldagem é a técnica de unir duas ou mais peças, assegurando a continuidade do material, e por consequência as suas características mecânicas e os esforços que ela está sujeita, essa ligação se dá pela fusão das duas partes pelo eletrodo, que é o material responsável por unir e transmitir as tensões entre as duas peças.

De acordo com Bellei (2010), na execução da solda é extremamente importante a escolha de um material adequado ao tipo dos metais base que serão unidos. No processo, um gerador produz a corrente necessária para a obtenção de um arco elétrico entre o eletrodo e as partes, esse arco faz a fusão das três partes. O seu processo executivo está indicado na Figura 3.4.

Figura 3.4 Diagrama esquemático da soldagem.



(Fonte: BELLEI, 2010)

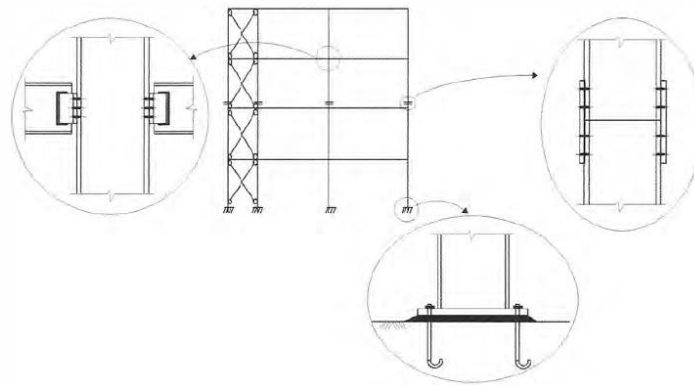
De acordo com Bellei (2010), “a primeira grande vantagem do uso da solda está na economia do material, porque o uso de soldagem permite o aproveitamento total do material (área líquida = área bruta). As estruturas soldadas permitem eliminar uma grande percentagem de chapas de ligação em relação às estruturas parafusadas”.

Para a execução de uma boa solda, é necessário estabelecer bons procedimentos de soldagens, utilizar uma mão de obra qualificada, a definição exata do projeto da solda, e uma inspeção bem realizada para diminuir os possíveis erros. Deve ser realizado também, antes do início da solda, a limpeza da junta, e o seu posicionamento, o pré-aquecimento do metal base, a definição da sequência de soldagem e o tratamento da raiz. Todas as recomendações técnicas estão constando na NBR 8800:2008 e na AWS D1.1/D1.1M:2010

3.7.3. APOIOS

No contexto das edificações, são encontrados diversos tipos de ligações, conforme mostrado na imagem 3.5, sendo elas ligações entre as vigas, entre as vigas e as colunas, nas emendas das colunas e das vigas, nas ligações do contraventamentos e das ligações dos pilares com a fundação.

Figura 3.5 Ligações em edificações.



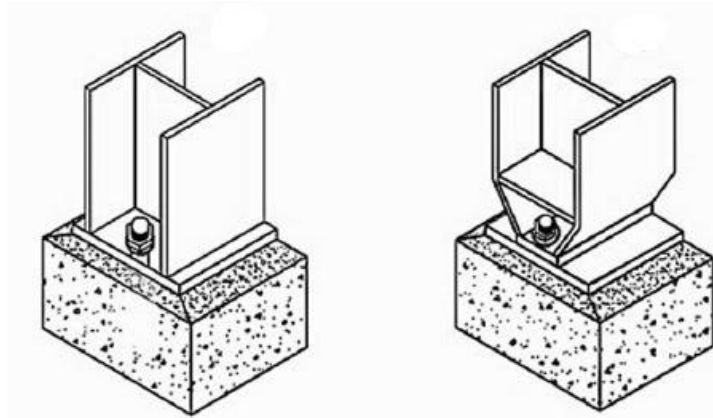
(Fonte: PFEIL, PFEIL, 2010)

No projeto das estruturas metálicas deve-se atentar à ligação do pilar com a fundação, pois o comportamento da estrutura está diretamente ligado nesse sistema de fixação.

Em geral os pilares são fixados às fundações através das placas de base e dos chumbadores. As placas de base distribuem a carga do pilar em uma determinada área do bloco da fundação, e os chumbadores servem para ficar essa base ao bloco da fundação, de modo que o sistema estrutural adotado seja respeitado.

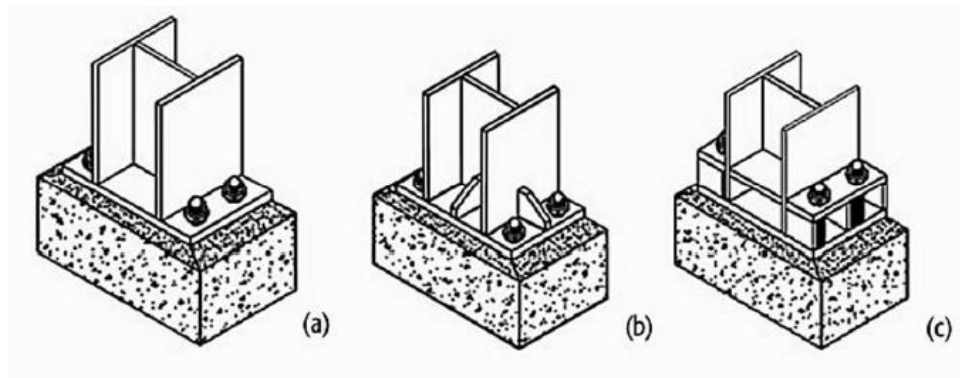
As ligações entre o pilar e da fundação podem ser rotuladas, em que seu dimensionamento é feito de modo a resistir às cargas horizontais e verticais, mas sem levar esforços de momentos para as fundações, e engastadas, que dão à estrutura uma maior rigidez às deformações laterais. A figura 3.6 e 3.7 mostra alguns exemplos de bases rotuladas e engastadas.

Figura 3.6 Bases rotuladas.



(Fonte: BELLEI, PINHO, PINHO, 2008)

Figura 3.7 Bases engastadas.

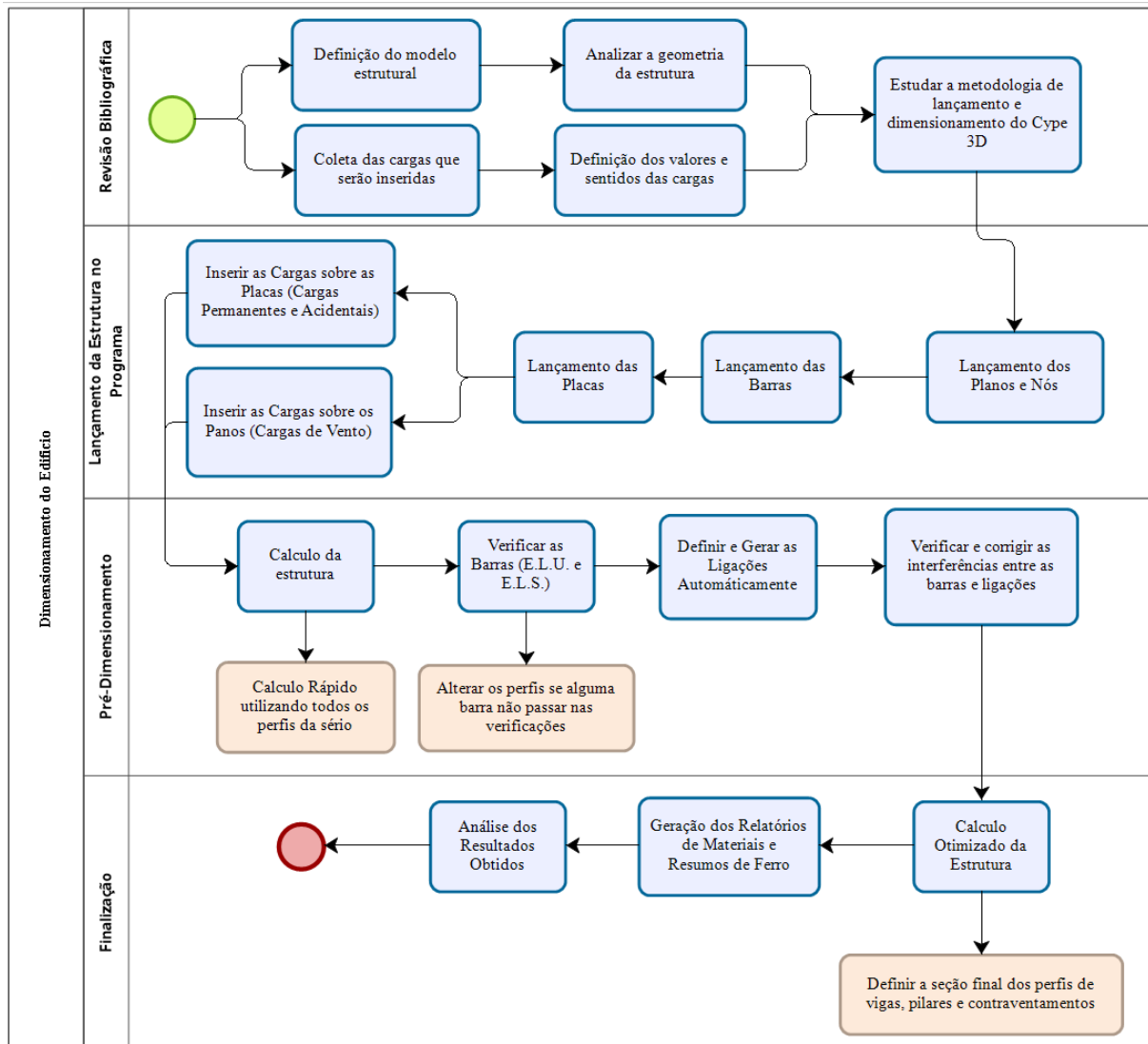


(Fonte: BELLEI, PINHO, PINHO, 2008)

4. METODOLOGIA

Para a realização deste projeto, foi utilizada a metodologia indicada no fluxograma da imagem 4.1:

Figura 4.1 Fluxograma da metodologia do projeto



Tendo sido definidos os aspectos espaciais do Edifício de acordo com o Apêndice D do Livro Edifícios de Múltiplos Andares em Aço 2 Edição, como o seu comprimento total, sua largura, a altura total, o espaçamento entre as colunas, pé direito e o total de pavimentos, de acordo com a NBR 8800:2008 – Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. As cargas a serem consideradas na estrutura, como o peso próprio e carga acidental foram dimensionadas de acordo com a NBR 6120:1980 - Cargas para o cálculo de estruturas

de edificações. Já as cargas de vento tiveram o seu cálculo feito em conformidade com a NBR 6123:1988 - Forças devidas ao vento em edificações.

4.1. Caracterização do edifício e dados inseridos

Edifício em estrutura metálica formado por perfis em chapa I, as características estão descritas na tabela 6 a seguir:

Tabela 6 Detalhes Geométricos da Estrutura

Sistema Estrutural	
Transversal	Quadro Rígido nos eixos 1 e 6 (engastado), os demais rotulados
Longitudinal	Contraventamentos verticais entre os eixos 3 e 4, filas B e C
Dados Gerais do Edifício	
Comprimento	30 metros
Largura	18 metros
Altura	25 metros
Espaçamento entre Colunas	6 metros
Pé direito	3 metros
Número de Pavimentos	8

(Fonte: Adaptado de Bellei, Pinho, Pinho, 2008)

Os materiais utilizados, assim como as suas resistências características estão descritos na tabela 7 a seguir:

Tabela 7 Especificações dos Materiais

Especificações dos materiais		
Aço das Estruturas	ASTM A572 G50	$F_y = 34,5 \text{ kN/cm}^2$
Aço dos Chumbadores	SAE-1020	$F_y = 21 \text{ kN/cm}^2$
Concreto da Laje	C25	$F_{ck} = 2,0 \text{ kN/cm}^2$
Solda	Eletrodo E-70XX	$F_u = 49,2 \text{ kN/cm}^2$
Parafusos	ASTM A325	$D_{min} = 19\text{mm (3/4")}$

(Fonte: Adaptado de Bellei, Pinho, Pinho, 2008)

As cargas permanentes, acidentais nos pavimentos, e nos poços de elevador e de escada, juntamente com as cargas de vento utilizadas estão descritas nas tabelas 8, 9, 10 e 11 a seguir:

Tabela 8 Cargas Permanentes nos Pavimentos

Cargas Permanentes nos Pavimentos		
Pavimento	Carga (kN/m ²)	Carga (T/m ²)
Caixa d'Água	21,38	2,138
Cobertura	4,92	0,492
7 pavimento	4,42	0,442
6 pavimento	4,42	0,442
5 pavimento	4,42	0,442
4 pavimento	4,42	0,442
3 pavimento	4,42	0,442
2 pavimento	4,42	0,442
1 pavimento	4,42	0,442

(Fonte: Adaptado de Bellei, Pinho, Pinho, 2008)

Tabela 9 Cargas Acidentais nos Pavimentos

Cargas Acidentais nos Pavimentos				
Pavimento	Carga (kN/m ²)	Redução da Carga (%)	Carga Final (kN/m ²)	Carga (T/m ²)
Caixa d'Água	0,5	0%	0,5	0,05
Cobertura	0,5	0%	0,5	0,05
7 pavimento	2	0%	2	0,2
6 pavimento	2	10%	1,8	0,18
5 pavimento	2	20%	1,6	0,16
4 pavimento	2	30%	1,4	0,14
3 pavimento	2	40%	1,2	0,12
2 pavimento	2	50%	1	0,1
1 pavimento	2	50%	1	0,1

(Fonte: Adaptado de Bellei, Pinho, Pinho, 2008)

Tabela 10 Cargas Acidentais nos Poços de Elevador e Escada

Cargas Acidentais no Poço de Elevador e Escada				
Pavimento	Carga (kN/m ²)	Redução da Carga (%)	Carga Final (kN/m ²)	Carga (T/m ²)
Caixa d'Água	0	0%	0	0
Cobertura	10,5	0%	10,5	1,05
7 pavimento	3	0%	3	0,3
6 pavimento	3	10%	2,7	0,27
5 pavimento	3	20%	2,4	0,24
4 pavimento	3	30%	2,1	0,21
3 pavimento	3	40%	1,8	0,18
2 pavimento	3	50%	1,5	0,15
1 pavimento	3	50%	1,5	0,15

(Fonte: Adaptado de Bellei, Pinho, Pinho, 2008)

Tabela 11 Cargas de Vento na estrutura

Cargas de Vento na Estrutura				
Coeficiente de Arrasto Frontal		1		
Coeficiente de Arrasto Lateral		1,3		
Pressão Dinâmica				
Altura (m)	Carga (kN/m ²)	Carga (T/m ²)	Carga Frontal (kN/m ²)	Carga Lateral (kN/m ²)
5	0,43	0,043	0,043	0,056
10	0,52	0,052	0,052	0,068
15	0,58	0,058	0,058	0,075
20	0,62	0,062	0,062	0,081
30	0,69	0,069	0,069	0,090

(Fonte: Adaptado de Bellei, Pinho, Pinho, 2008)

Após serem definidos os modelos estruturais e as cargas atuantes, foi feita a inserção dos pórticos da edificação, utilizando as combinações de cargas no *software* de cálculo estrutural Cype3D® 2016, obtendo todo o dimensionamento dos elementos estruturais do edifício.

4.2. Abordagem via Cype3D®

De acordo com o manual do usuário, o Cype3D® calcula estruturas tridimensionais definidas com elementos tipo barras e placas no espaço e nós na intersecção das barras utilizando os

métodos previstos pela NBR 8800:2008 utilizando os conceitos de estados limites últimos (ELU) e estados limites de serviço (ELS).

Os ELU estão relacionados com a segurança da estrutura, frente aos carregamentos máximos a que está sujeita durante toda a sua vida útil, já os ELS estão relacionados com os requisitos de desempenho da estrutura, não ultrapassando os deslocamentos máximos permitidos, por exemplo.

As cargas podem ser aplicadas nas barras e nos nós em qualquer direção, já nas placas e nos panos as cargas incidem perpendicularmente à superfície. O *software* considera um comportamento elástico e linear dos materiais e as barras definidas são elementos lineares.

A partir da geometria da estrutura e cargas introduzidas, o programa gera a matriz de rigidez da estrutura, assim como as matrizes de cargas por ações simples. Invertendo a matriz de rigidez por métodos frontais, se obtém a matriz de deslocamentos dos nós da estrutura.

Depois de achar os deslocamentos por ação, calcula-se todas as combinações para todos os estados e os esforços em qualquer secção a partir dos esforços nos extremos das barras e as cargas aplicadas nas mesmas.

O programa verifica e dimensiona as barras da estrutura segundo critérios estabelecidos em cada norma e para cada material (aço, madeira e alumínio) (CYPE INGENIEROS, 2015).

Na análise e dimensionamento estrutural, o programa Cype3D® considera automaticamente os efeitos de segunda ordem. Esses efeitos ocorrem quando as ações horizontais que atuam na estrutura causam um pequeno deslocamento da verticalidade dos pilares, gerando um momento em relação à base do pilar (efeito P-delta) devido às cargas verticais atuantes (peso próprio e sobrecarga), que tem como consequência um acréscimo nas ações horizontais da estrutura.

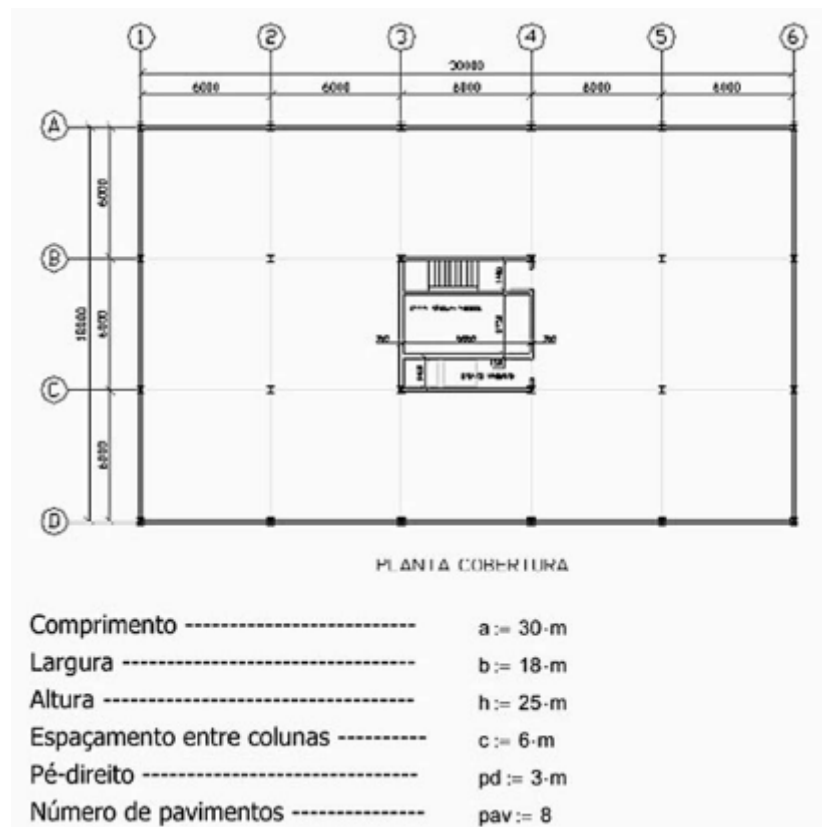
Foi feito o dimensionamento ótimo dos perfis, neste caso o programa selecionou automaticamente o perfil ótimo que cumpra todas as verificações dos estados limites últimos, em que é verificado se a solicitação de cálculo é menor do que a resistência de projeto, e as verificações dos estados limites de serviço, em que é verificado se as flechas de cálculo são menores dos que os valores estabelecidos por norma (conforme tabela C-1 – Deslocamentos máximos presente na NBR 8800:2008).

Após a obtenção de todos os perfis, realizou-se o levantamento da quantidade de material para as duas alternativas de dimensionamento, verificando qual das alternativas é a mais econômica em termos do consumo total de aço.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estudo realizado se baseia no dimensionamento que os autores Bellei, Pinho e Pinho propuseram com base na NBR 8800:2008, no Apêndice D do Livro Edifícios de Múltiplos Andares em Aço 2 Edição. Após o dimensionamento, se obteve um peso total de aço calculado de aproximadamente 166.144,0 Kg, A caracterização do edifício está representada na imagem 5.1.

Figura 5.1 Características do Edifício analisado



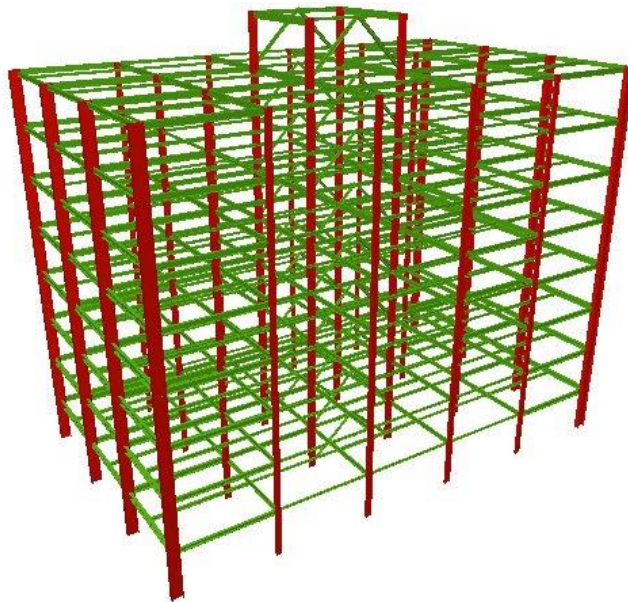
(BELLEI; PINHO; PINHO, 2008)

A razão entre peso total da estrutura (166.144 kg) e a sua área estruturada (4.392 m²), resulta em uma taxa de 37,8 kg/m² de acordo com o cálculo realizado no Apêndice D.

5.1. Resultados via Cype3D®

Com os dados da geometria do edifício definidos na seção 4.1 realizou-se o dimensionamento e análise dos elementos da estrutura do edifício utilizando o Cype3D®. Inicialmente foi inserido apenas perfis genéricos tipo I da menor seção existente no *software*, obtendo um pórtico conforme figura 5.2 a seguir:

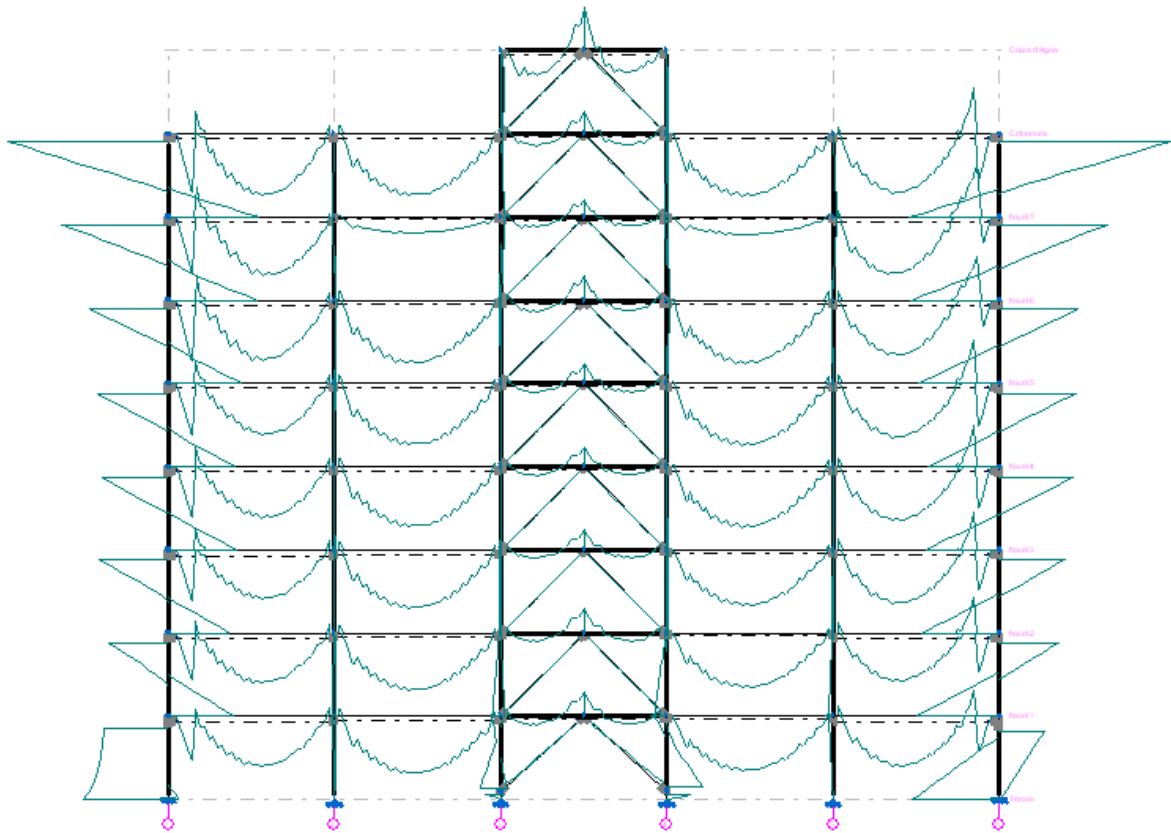
Figura 5.2 Estrutura do edifício



Após informar todos os dados de entrada, como as cargas permanentes, acidentais e de vento, fez-se o processamento dos componentes. Com isso o *software* realizou o dimensionamento ótimo de cada perfil inserido, seguindo o princípio de escolher os perfis mais leves que atendam os E.L.U. e E.L.S.

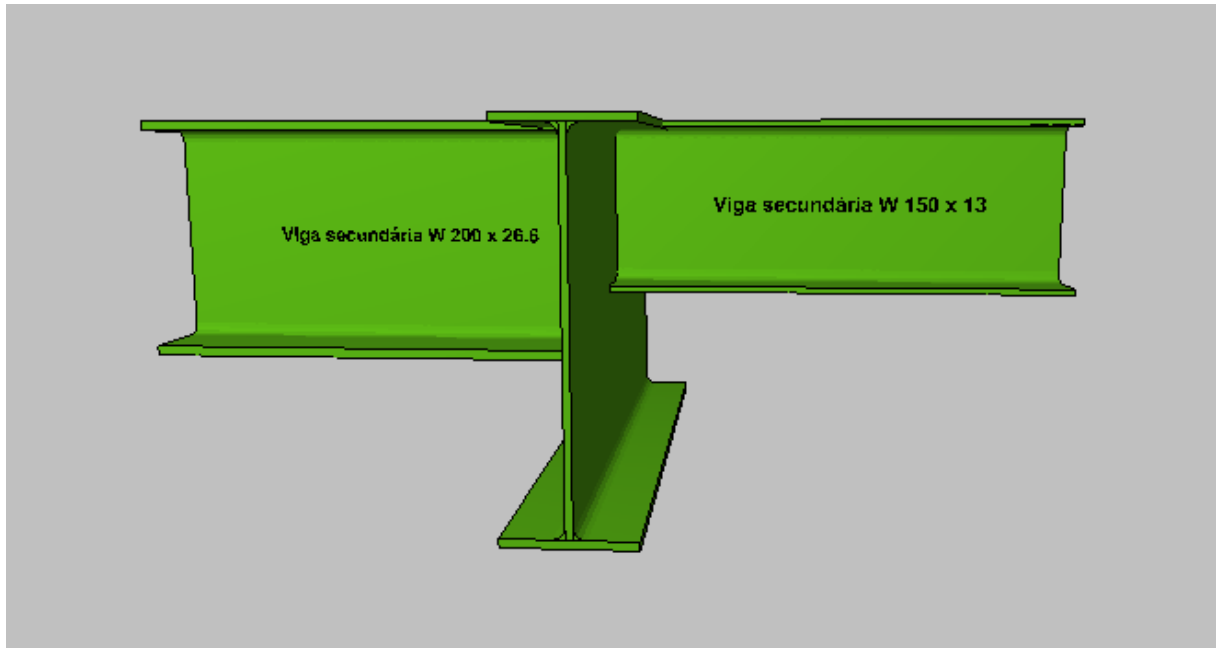
Uma das análises realizadas foi verificar se as condições de vinculações internas e externas seguiam o que foi proposto na metodologia, verificando os diagramas de momento fletor da estrutura. No sistema estrutural adotado apenas nos eixos 1 e 6 a estrutura está engastada, todas as outras vinculações internas estão rotuladas, a figura 5.3 a seguir mostra o diagrama de momento fletor para o eixo B da estrutura, mas essa hipótese se repetiu para todos os outros eixos.

Figura 5.3 Diagrama de momento fletor para o eixo B



Em alguns casos o *software* adota perfis diferentes para elementos que estão em sequência, o que gera erro nas ligações, portanto é necessário alterar os perfis para resolver os erros encontrados nas ligações, um exemplo desse problema está demonstrado na imagem 5.4 a seguir:

Figura 5.4 Diferentes tipos de perfis em uma viga



Após a resolução dos conflitos, os elementos da estrutura são representados pelas cores verdes e vermelhas, as cores verdes representam que os elementos estão dimensionados e atendem todas as especificações de segurança e desempenho estrutural, conforme podemos identificar nas figuras 5.5 e 5.6 a seguir:

Figura 5.5 Perfis que não atendem aos ELU e ELS

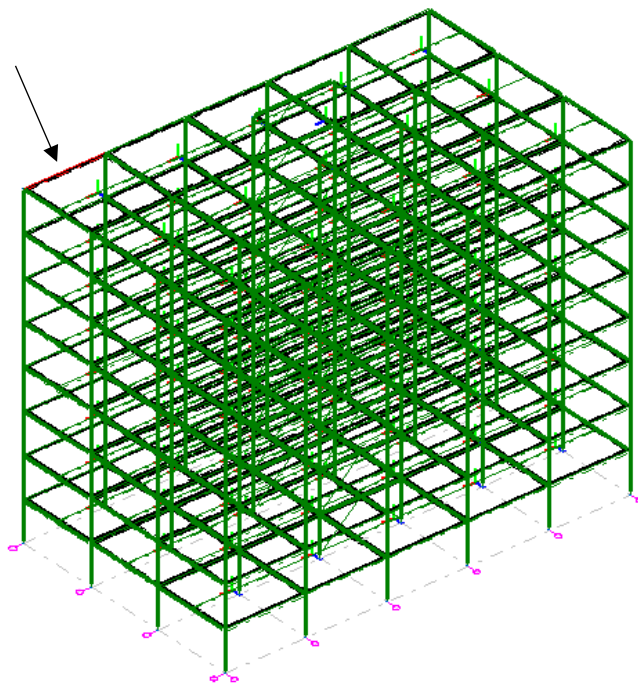
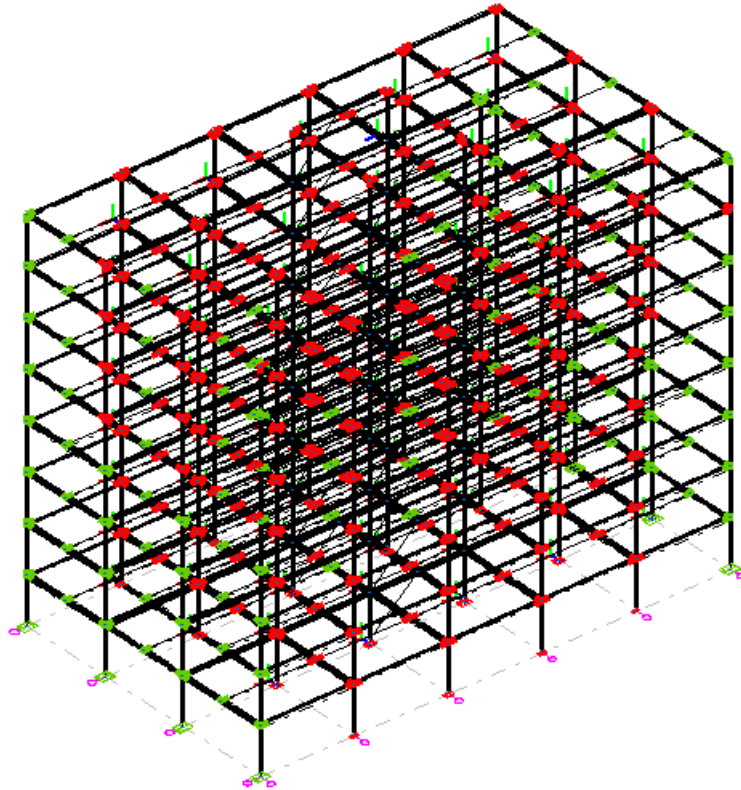


Figura 5.5 Ligações que não atendem aos ELU e ELS



As verificações do Estado Limite Último foram feitas pelo *software*, e em nenhuma das barras a tensão atuante de cálculo foi maior que a resistente.

As plantas de locação, plantas baixas dos pavimentos, vista 3D da estrutura, detalhes das principais ligações e das placas de base estão apresentadas no Anexo A deste trabalho.

5.2. Resumo dos Materiais

Após o dimensionamento feito pelo *software*, foi possível quantificar o consumo de aço obtendo o peso global da estrutura, que inclui os perfis, as ligações e os sistemas de contraventamento.

A tabela 12 a seguir faz um resumo de materiais e o peso global da estrutura.

Tabela 12 Tabela resumo dos materiais obtido pelo Cype3D®

Resumo de Ferro						
Material		Perfil	Comprimento Total (m)	Quantidade	Volume (m³)	Peso (kg)
Tipo	Designação					
Aço Laminado	A-572 345MPa	I	3307,909	488	17,613	138262,82
Chapas	A-572 345MPa	-	-	285	-	984,95
Enrijecedores	A-572 345MPa	-	-	110	-	3679,84
Parafusos	ASTM 325MPa	-	-	1257	-	-
Porcas	Classe 8S	-	-	1257	-	-
Anilhas	Tipo 1	-	-	2514	-	-
Placas de Base	A36 - 250 MPA	-	-	24	-	1435,45
Enrijecedores Passante	A36 - 250 MPA	-	-	48	-	201,65
nrijecedores não passant	A36 - 250 MPA	-	-	48	-	25,45
Parafusos de Ancoragem ISO 898.C4.6 (liso)		-	-	96	-	334,73
Solda	E60XX	-	15,748	-	-	-
Solda	E70XX	-	589,128	-	-	-
Peso Total Calculado						144924,89

O resumo dos materiais obtidos pelo dimensionamento feito no Anexo D do livro dos Professores Idony, Fernando e Mauro, está detalhado na tabela 13 a seguir:

Tabela 13 Tabela resumo dos materiais obtido pelo Anexo D da metodologia

Resumo de Ferro						
Material		Perfil	Comprimento Total (m)	Quantidade	Peso (kg)	
Tipo	Designação					
Aço Laminado	A-572 345MPa	I	3337,064	532	147721,8	
Aço Laminado	A-572 345MPa	I	558	72	3282,9	
Vigas Inclinadas	A-572 345MPa	I	323,2	192	5734,7	
Chapa	SAE-1020	-	-	472	3525,7	
Porca	Classe 8S	-	-	96	38,4	
Parafusos	ASTM 325M	-	-	64	320,6	
Arruela	ASTM 325M	-	-	64	6,4	
Chapas de Reforço	A36 - 250 MPA	-	-	384	1288,7	
Chapas de Ligação	A36 - 250 MPA	-	-	974	2034,0	
Conectores de Cisalhamento	A36 - 250 MPA	-	-	1064	1394,0	
Parafusos - Vigas e Contraventamentos	ASTM 325M	-	-	2656	796,8	
Peso Total Calculado					166144,0	

(Fonte: Adaptado de Bellei, Pinho, Pinho, 2008)

5.3. Comparativo do Consumo de Aço

Com o resumo do quantitativo de materiais utilizados nos dois dimensionamentos apresentados, é possível fazer uma análise comparativa. A tabela 14 traz o peso total de aço dos pórticos para as duas metodologias, o peso global, a taxa de consumo dos pórticos e a taxa de consumo global.

Tabela 14 Resultados: peso e taxa de consumo de aço

Resultados Obtidos				
Metodologia	Peso do pórtico (kg)	Peso global da estrutura (kg)	Taxa de consumo dos pórticos (kg/m ²)	Taxa de consumo global (kg/m ²)
CYPE3D	138.262,82	144.924,89	31,74	33,27
Apendice D	156.739,40	166.144,00	35,69	37,83
Diferença (%)	11,8%	12,8%	11,1%	12,1%

Analisando as metodologias é possível observar que o dimensionamento feito pelo *software* Cype3D® teve uma taxa de consumo global de 33,27 kg/m², enquanto que o dimensionamento realizado pelos Professores Idony, Fernando e Mauro teve uma taxa de consumo global de 37,83 kg/m². A diferença de consumo foi de 12,1%, o que representa uma economia considerável quando se adota um dimensionamento automático feito por um *software*.

6. CONCLUSÃO

As estruturas metálicas possuem um grande destaque no mercado da construção civil, seja ele em edificações comerciais e industriais. Ela se destaca pela rapidez na execução, eficiência estrutural, minimização de resíduos e capacidade de reaproveitamento dos materiais após o fim de sua vida útil. Levando em consideração esses fatores e o crescente avanço da tecnologia na área de estruturas, este trabalho se baseou em comparar o consumo de aço de uma determinada geometria feito com cálculos manuais com um cálculo automático feito por intermédio de um software, o Cype3D®.

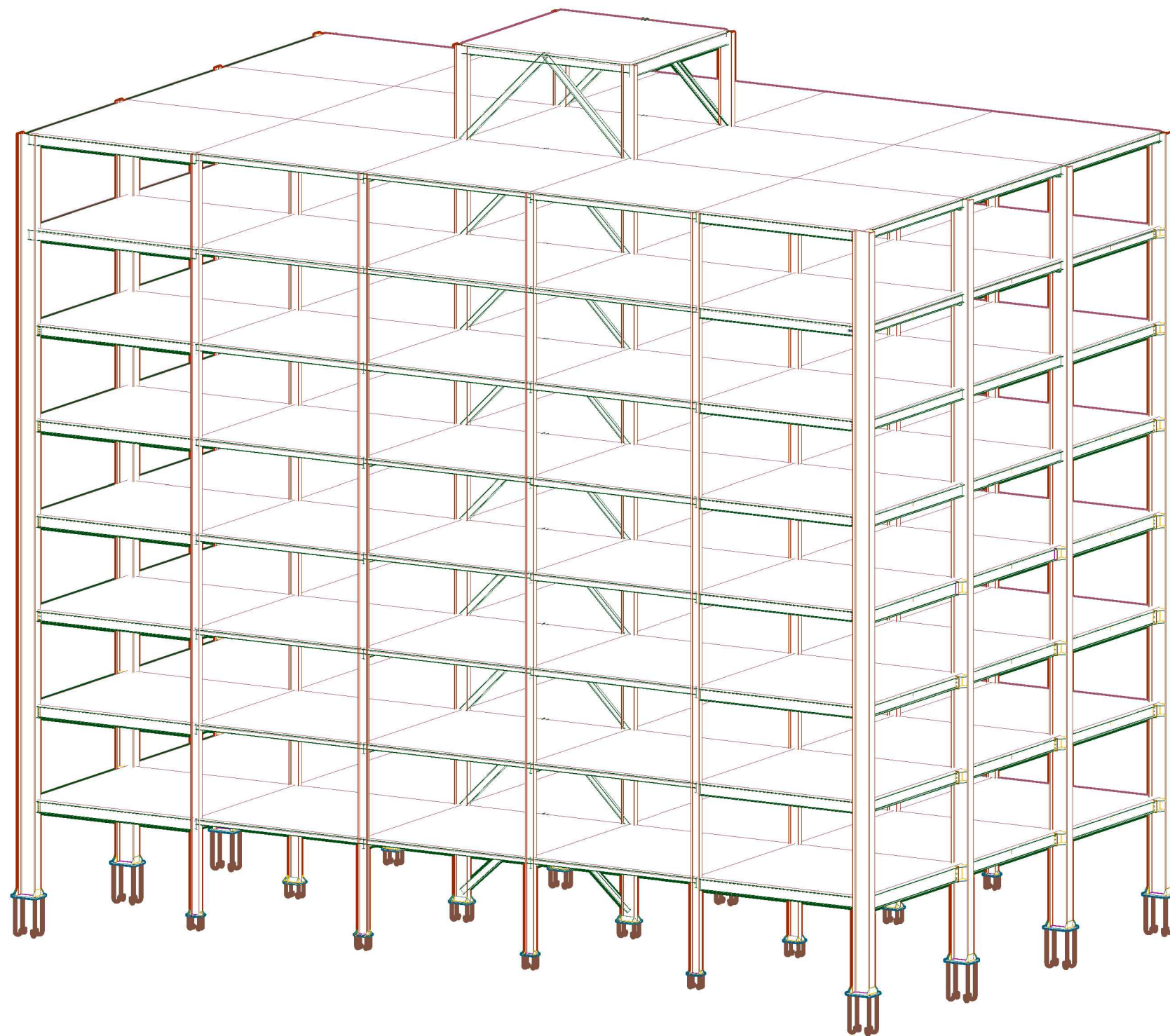
Todo o processo de lançamento da estrutura, juntamente com a análise global do edifício requer um certo tempo para serem feitos, porém este tempo ainda é menor quando comparado com uma análise feita manualmente com uma folha de papel, provavelmente seriam gastos dias para desenhar todos os diagramas das barras na estrutura. O próprio software já apresenta todos os diagramas de momentos fletores, cortante e normais com um simples clique do mouse.

Ao analisar as duas metodologias, observou-se que o cálculo efetuado por intermédio do *software* Cype3D® obteve um melhor desempenho do que o cálculo manual. Desempenho esse que pode ser quantificado com um menor consumo de aço para a estrutura, gerando uma economia de 12,1%, o que ocasiona em uma estrutura mais leve, com menores esforços devido ao peso próprio da estrutura. Porém este estudo está baseado apenas no quantitativo total de aço, e sugere-se a realização de mais estudos para atestar a real economia desta solução frente ao preço global da obra.

Para finalizar este trabalho mostra uma nova perspectiva dos *softwares* de análise e dimensionamento estruturais automáticos, que trazem reais benefícios para o engenheiro calculista, como o rápido tempo de cálculo, a possibilidade de fazer várias análises dos sistemas estruturais e alterá-los para se obter um melhor resultado. Podendo destacar também uma maior precisão nos cálculos, uma maior segurança no processo de dimensionamento devido a possibilidade de fazer várias análises para várias combinações pré-estabelecidas nas normas regulamentadoras.

Apesar de parecerem simples de operar, o uso do *software* requer um estudo de sua funcionalidade e sua utilização consiste apenas em auxiliar as atividades do engenheiro com os cálculos, devendo este ter consciência das limitações dos softwares e sabedoria para aproveitar ao máximo as suas aplicações.

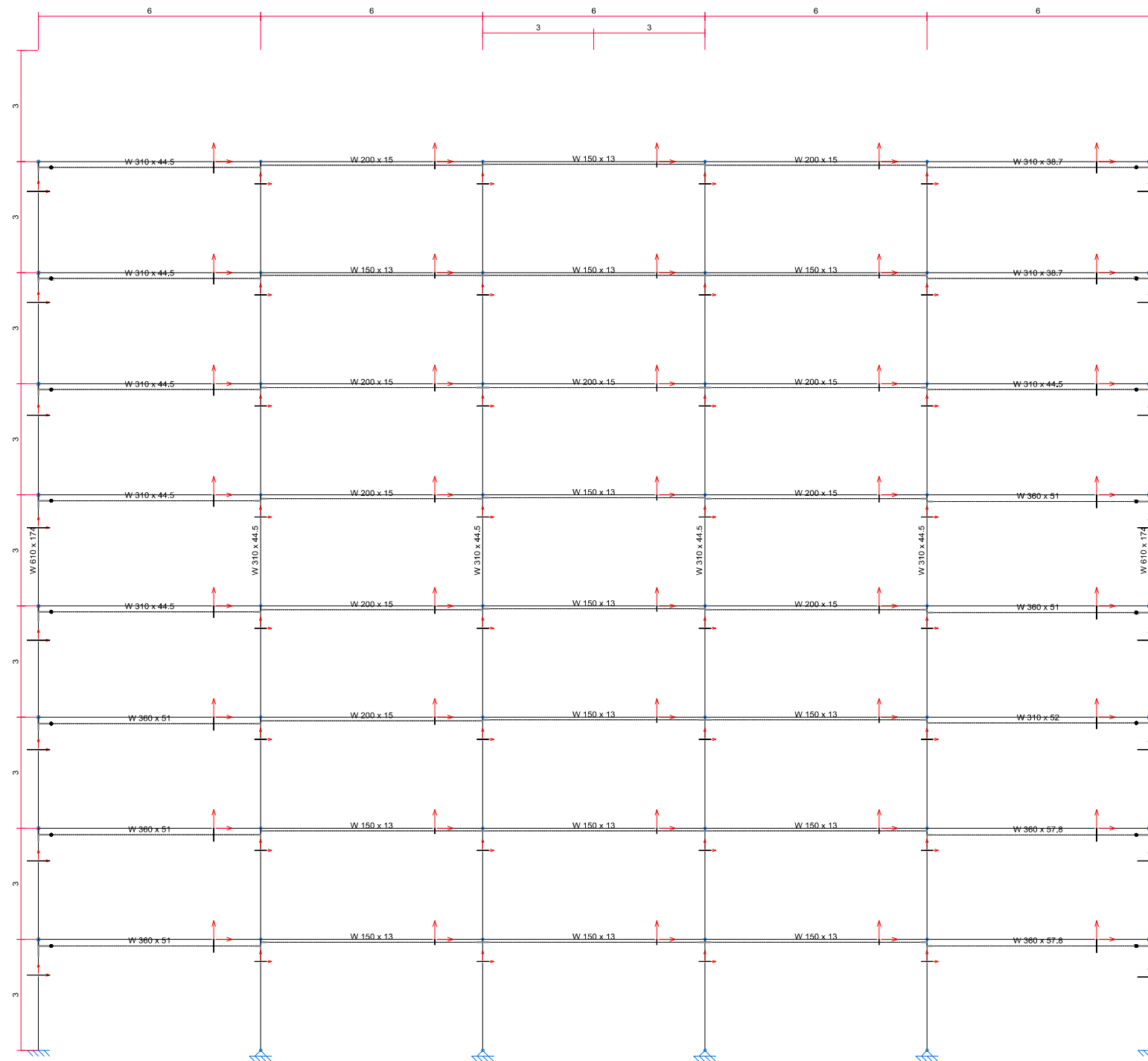
ANEXO A



Proj. de Edifício de 8 Pavimentos
Vista 3D
Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
Aço laminado (Escarros): 4-572 345/Pu
Escala: Sem Escala

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ		
INF.:	VISTA 3D - GERAL	ESCALA:	INDICADA	FOLHA:	1 / 28
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	REVISÃO:	01	DATA:	NOV/2018

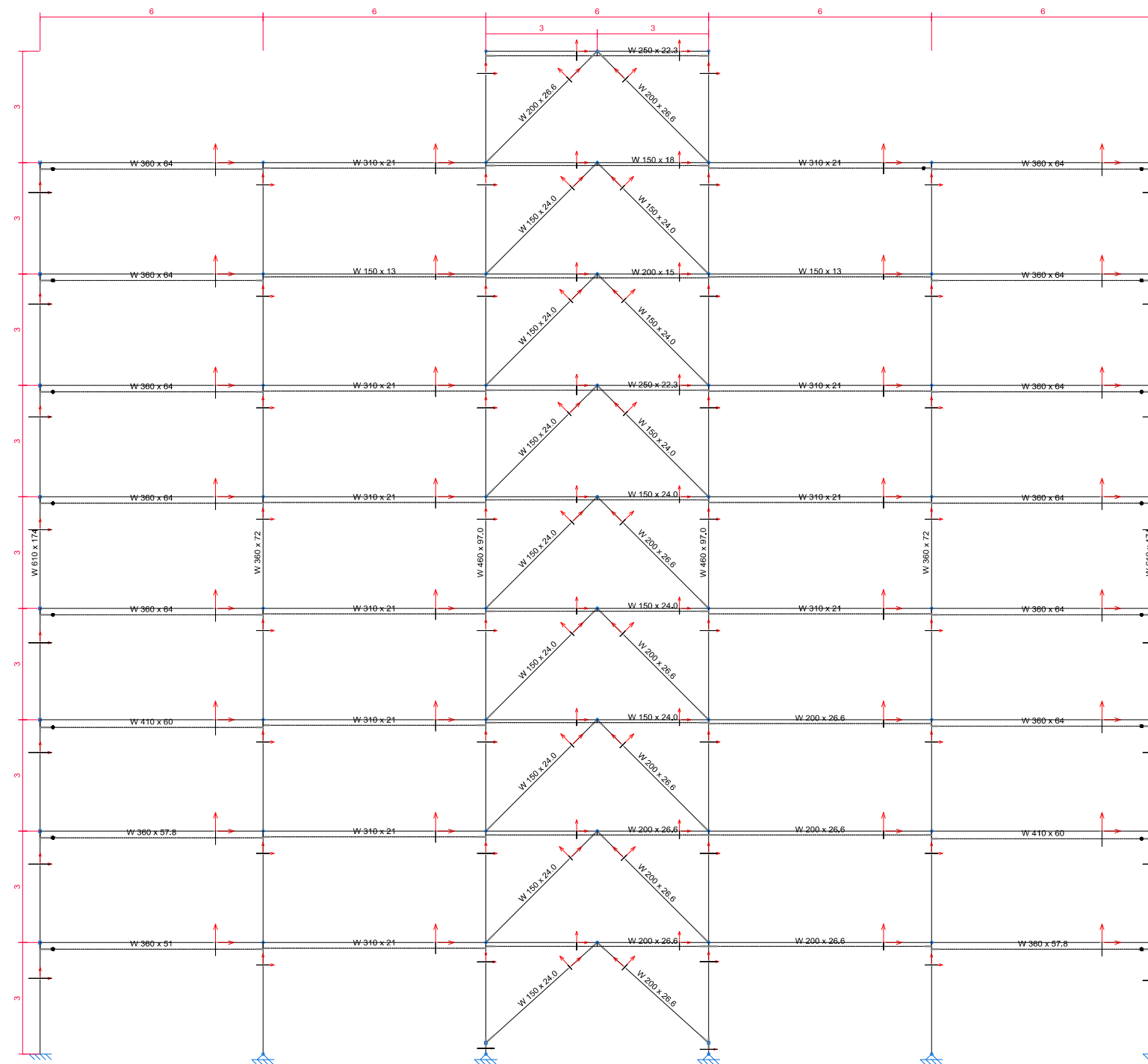
Eixo A



Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
Eixo A
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Escala: 1:75

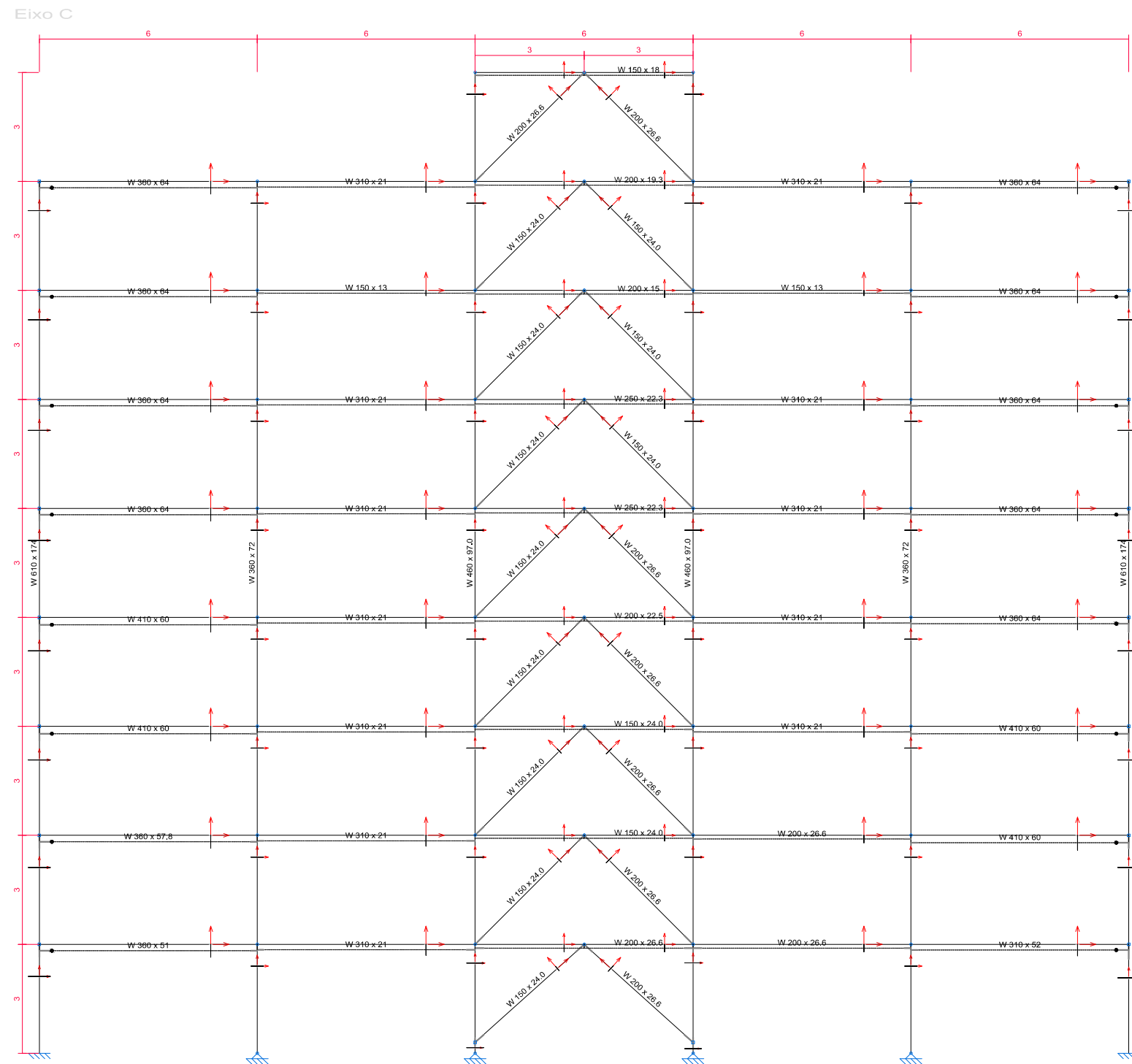
TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	VISTA - EIXO A	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	2 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

Eixo B



Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
Eixo B
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Escala: 1:75

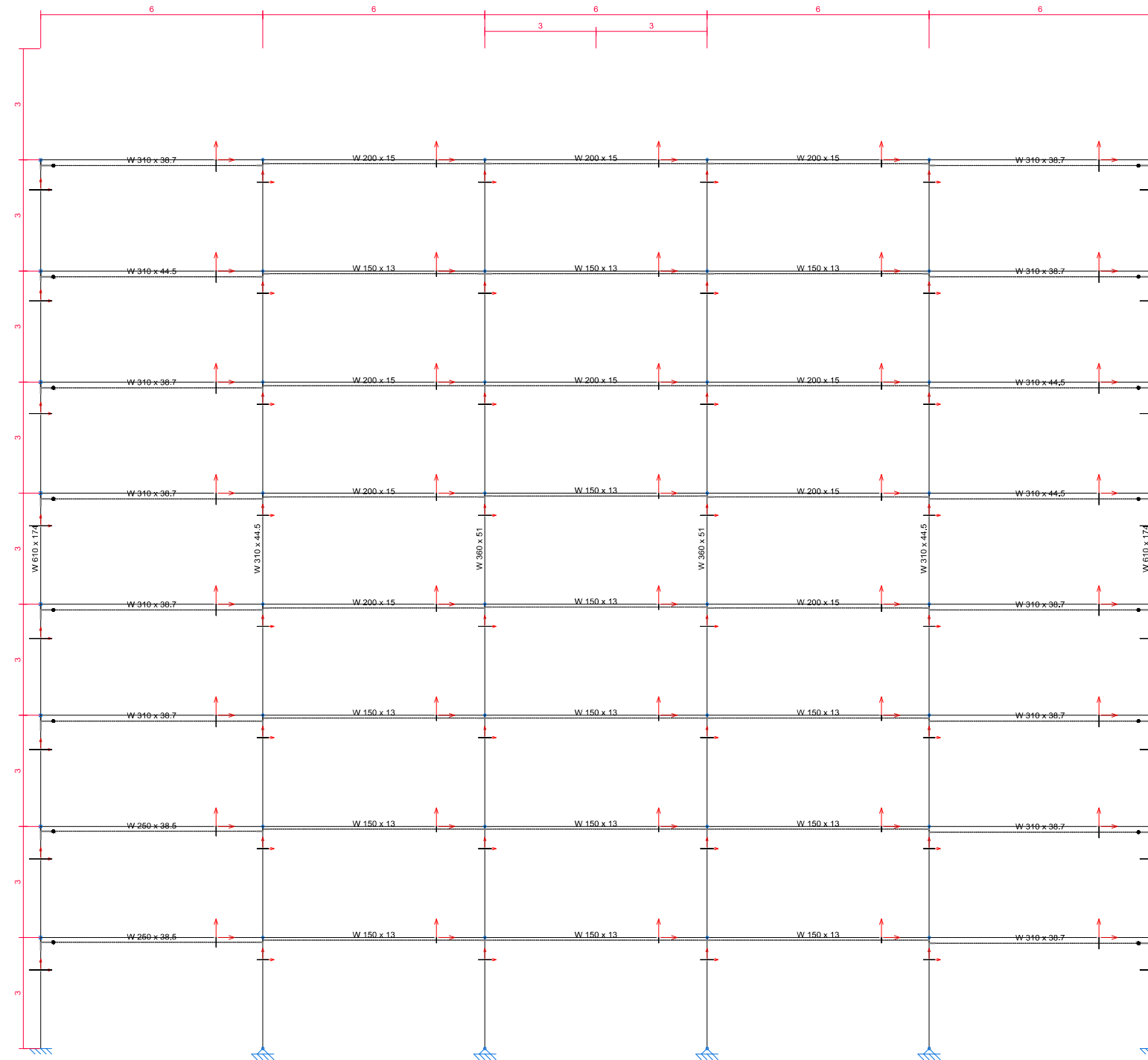
TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	VISTA - EIXO B	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	3 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
Eixo C
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Escala: 1:75

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	VISTA - EIXO C	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	4 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

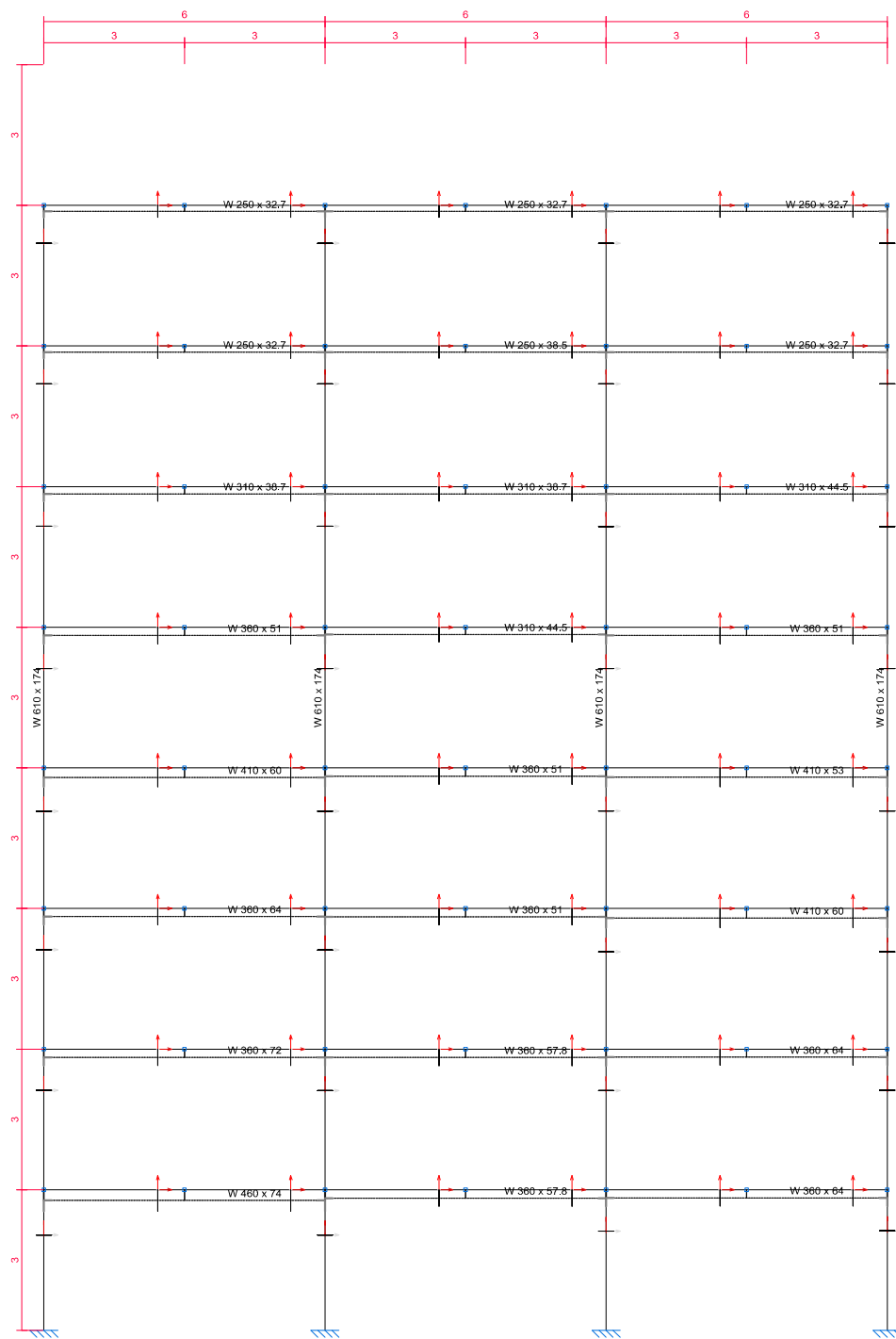
Eixo D



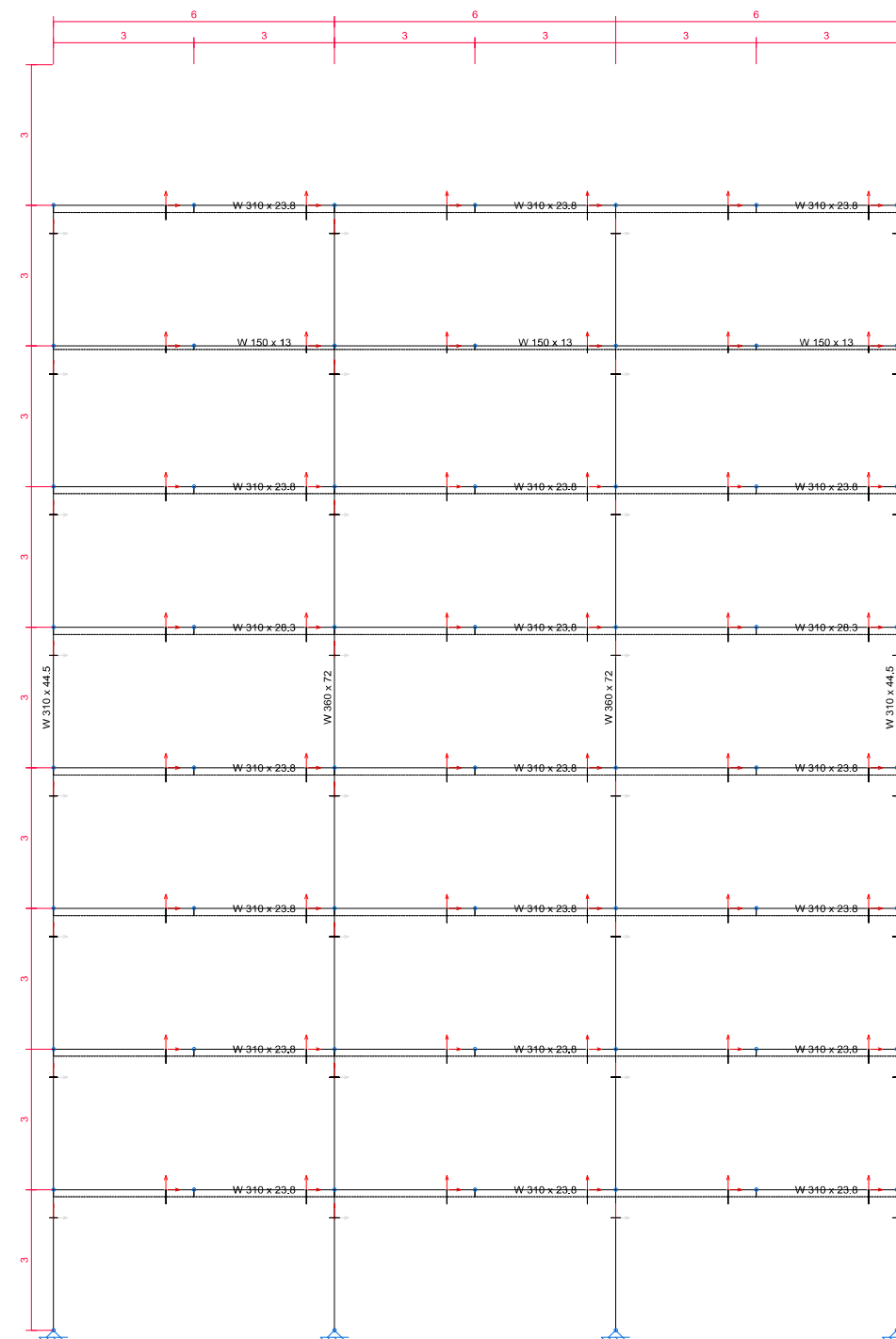
Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
Eixo D
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Escala: 1:75

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	VISTA - EIXO D	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIOVALDO FERNANDES	REVISÃO:	01
		FOLHA:	5 / 28
		DATA:	NOV/2018

Eixo 1



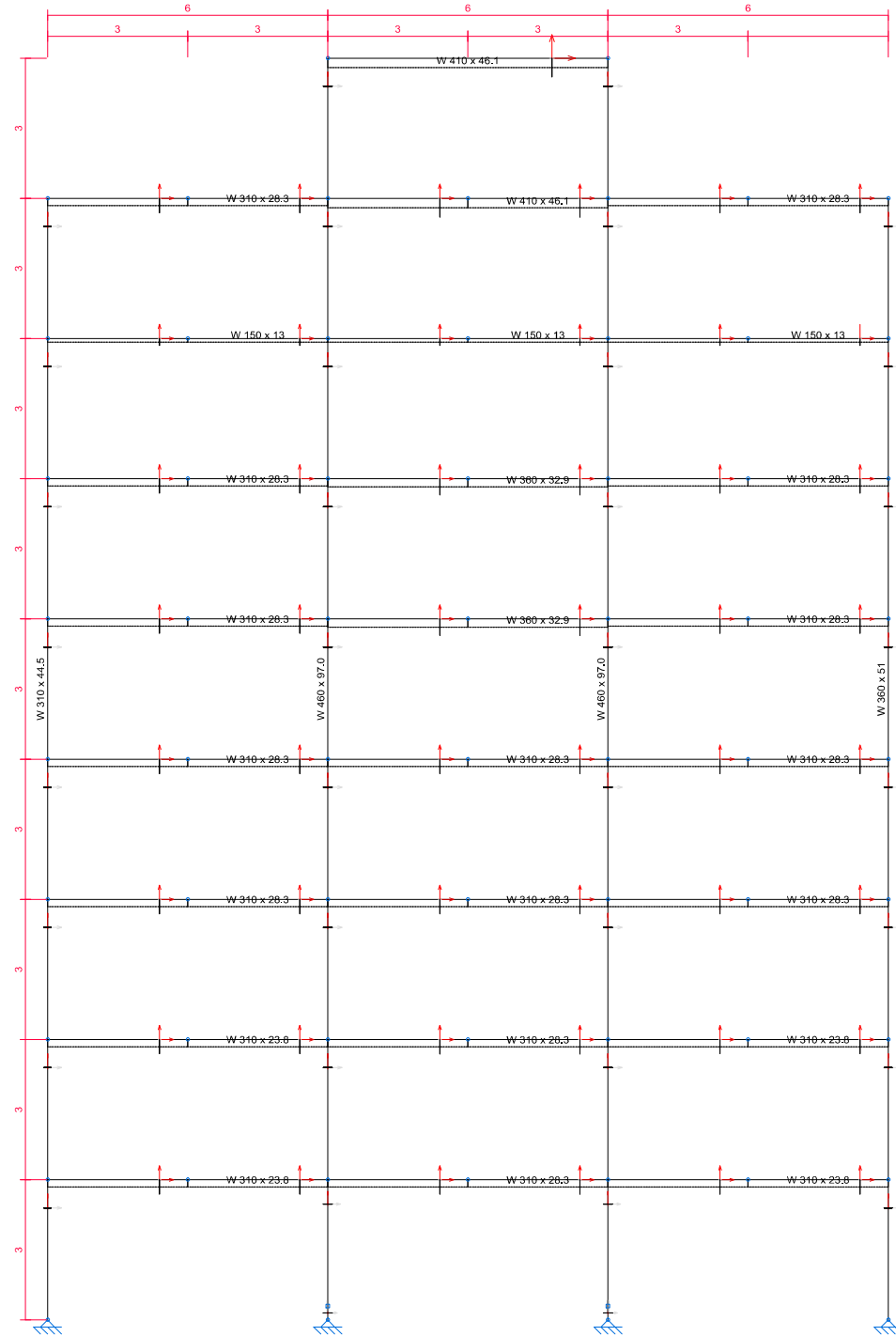
Eixo 2



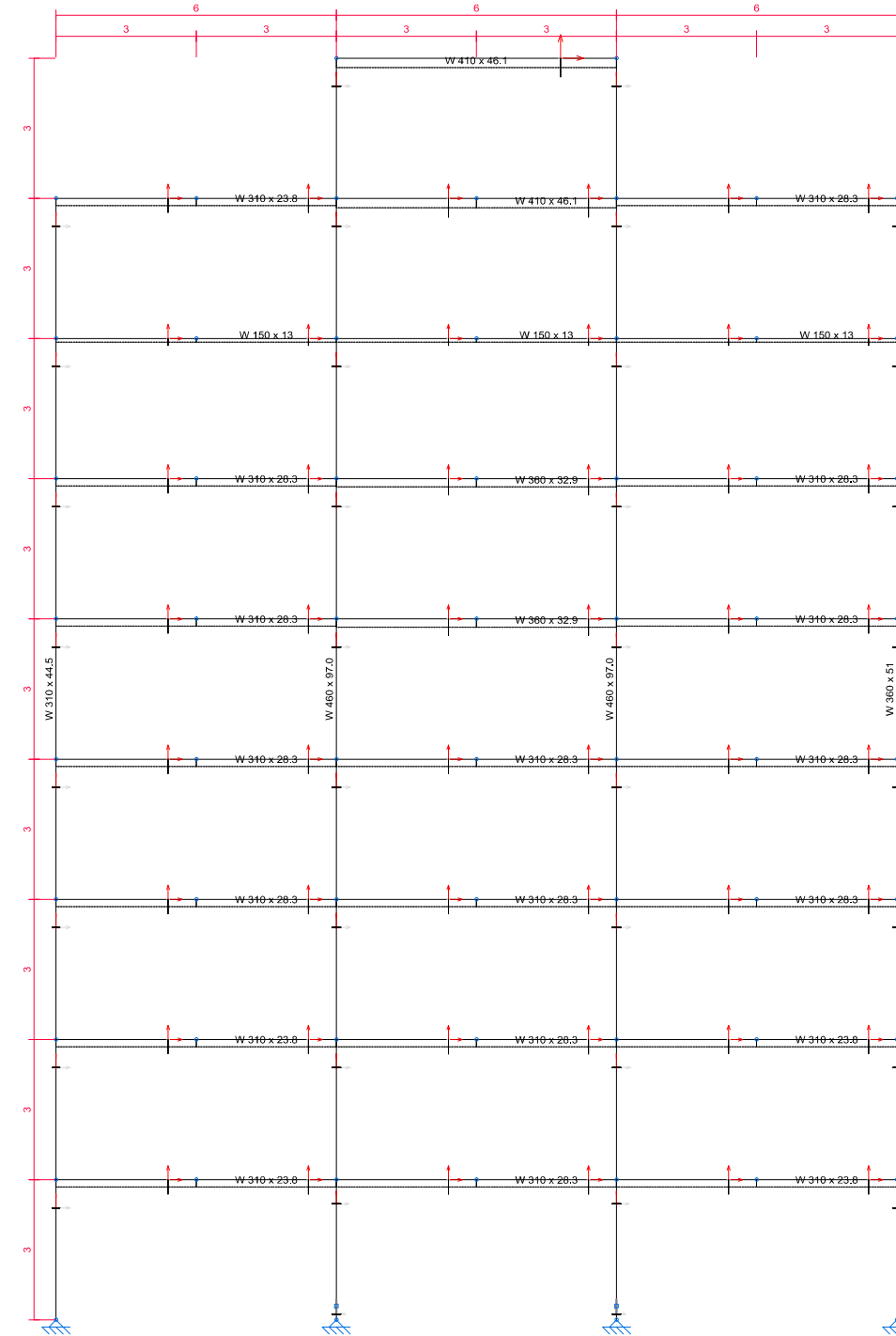
Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Eixo 1 e 2
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Escala: 1:75

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	VISTA - EIXOS 1 e 2	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	6 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

Eixo 3



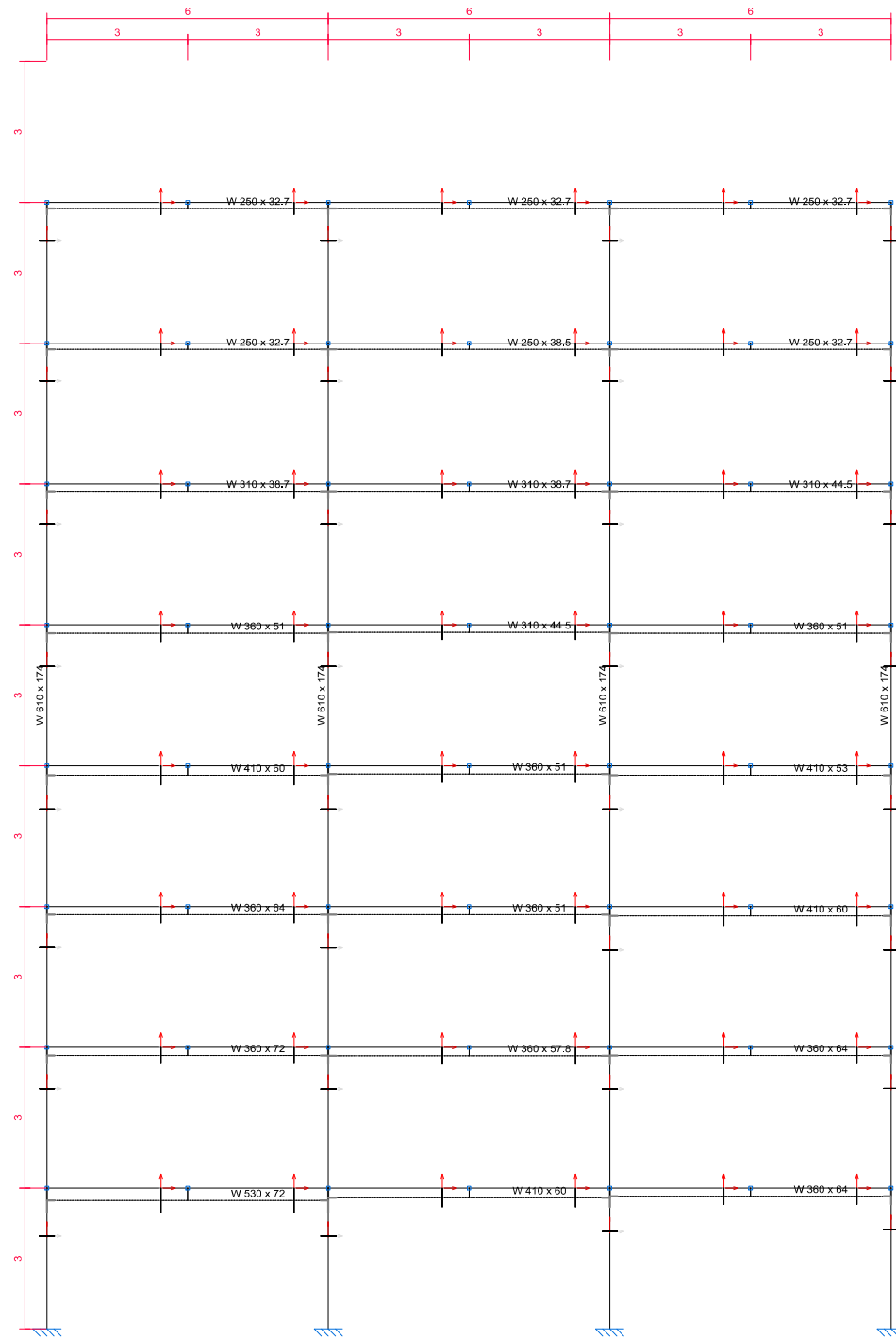
Eixo 4



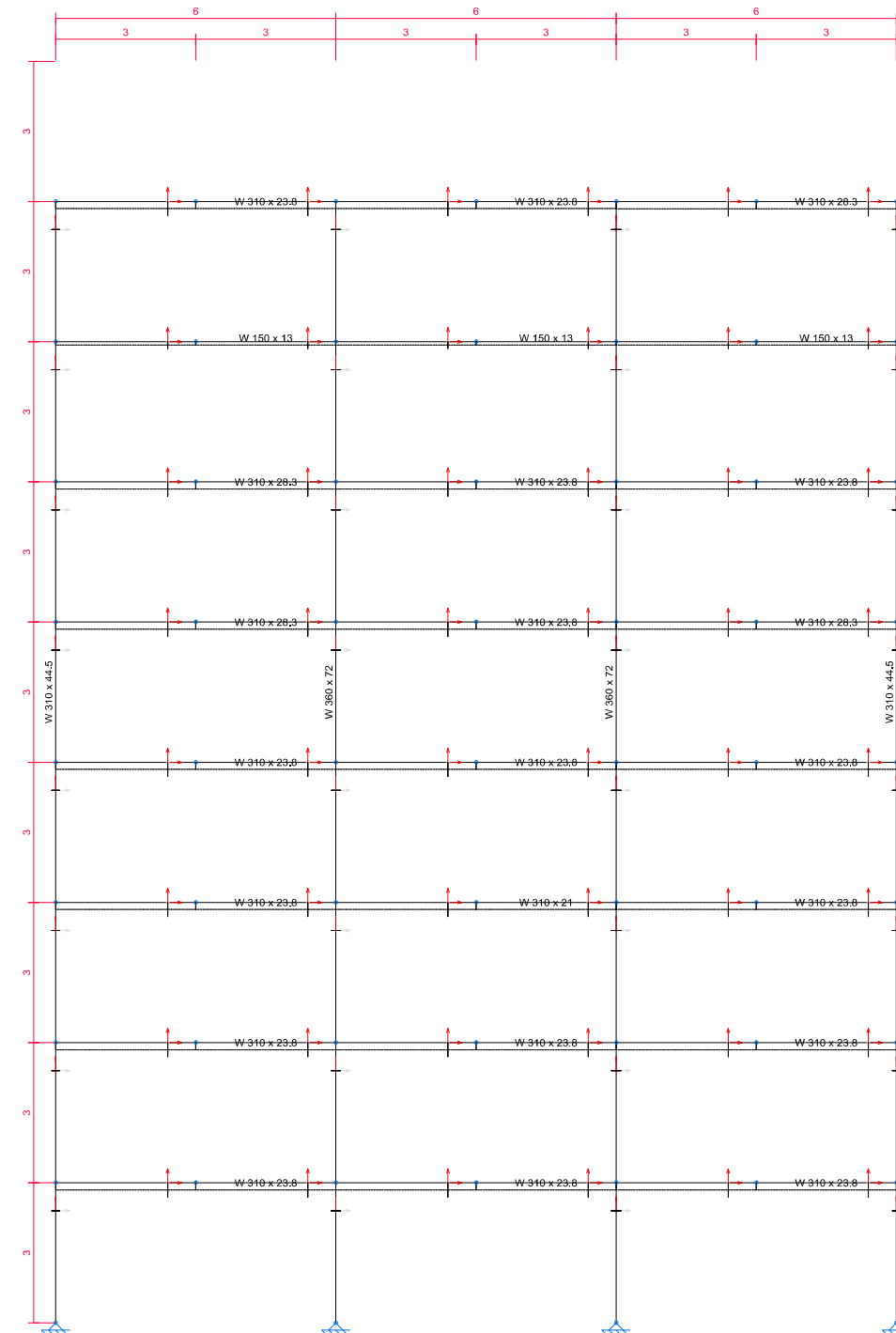
Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Eixo 3 e 4
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Escala: 1:75

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	VISTA - EIXOS 3 e 4	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	7 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

Eixo 6

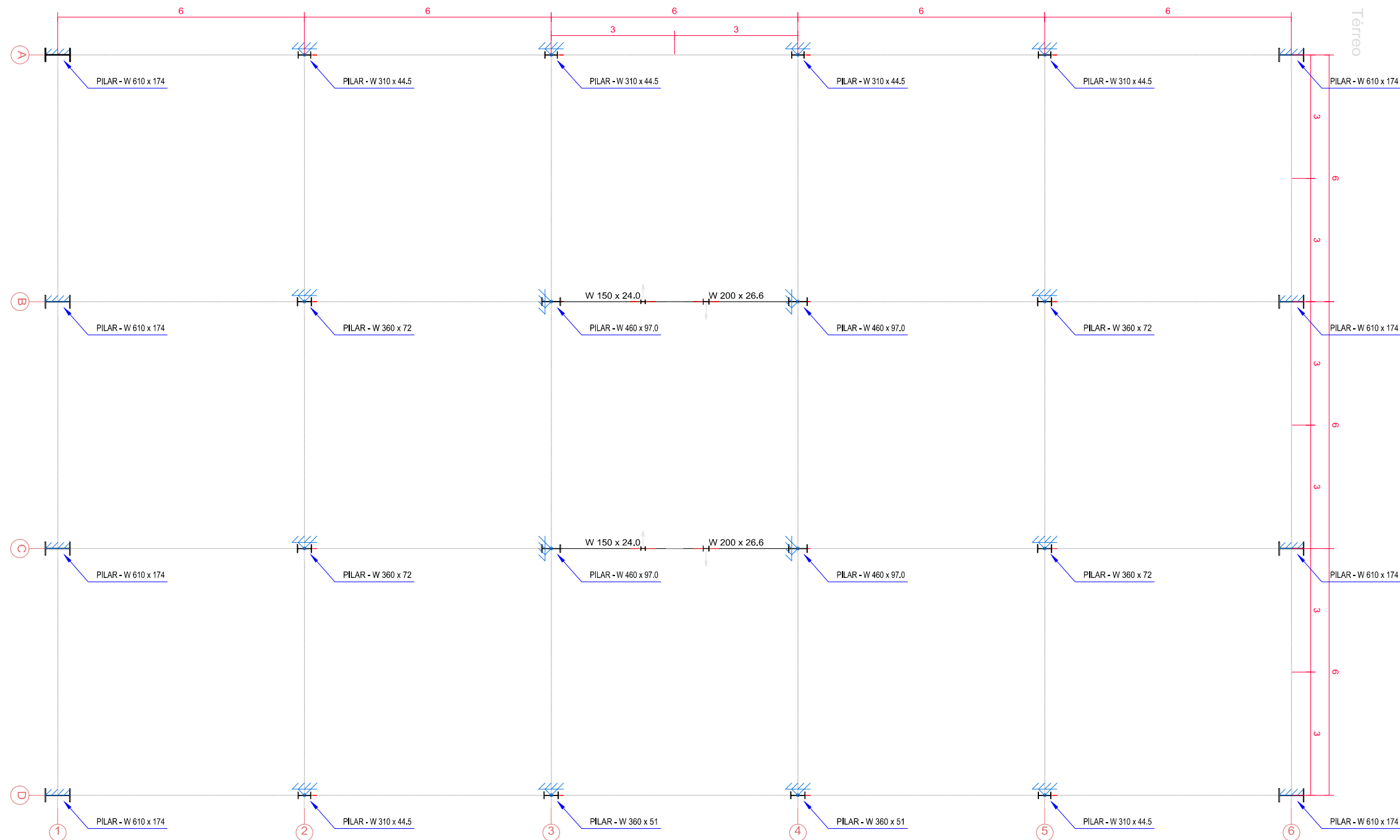


Eixo 5



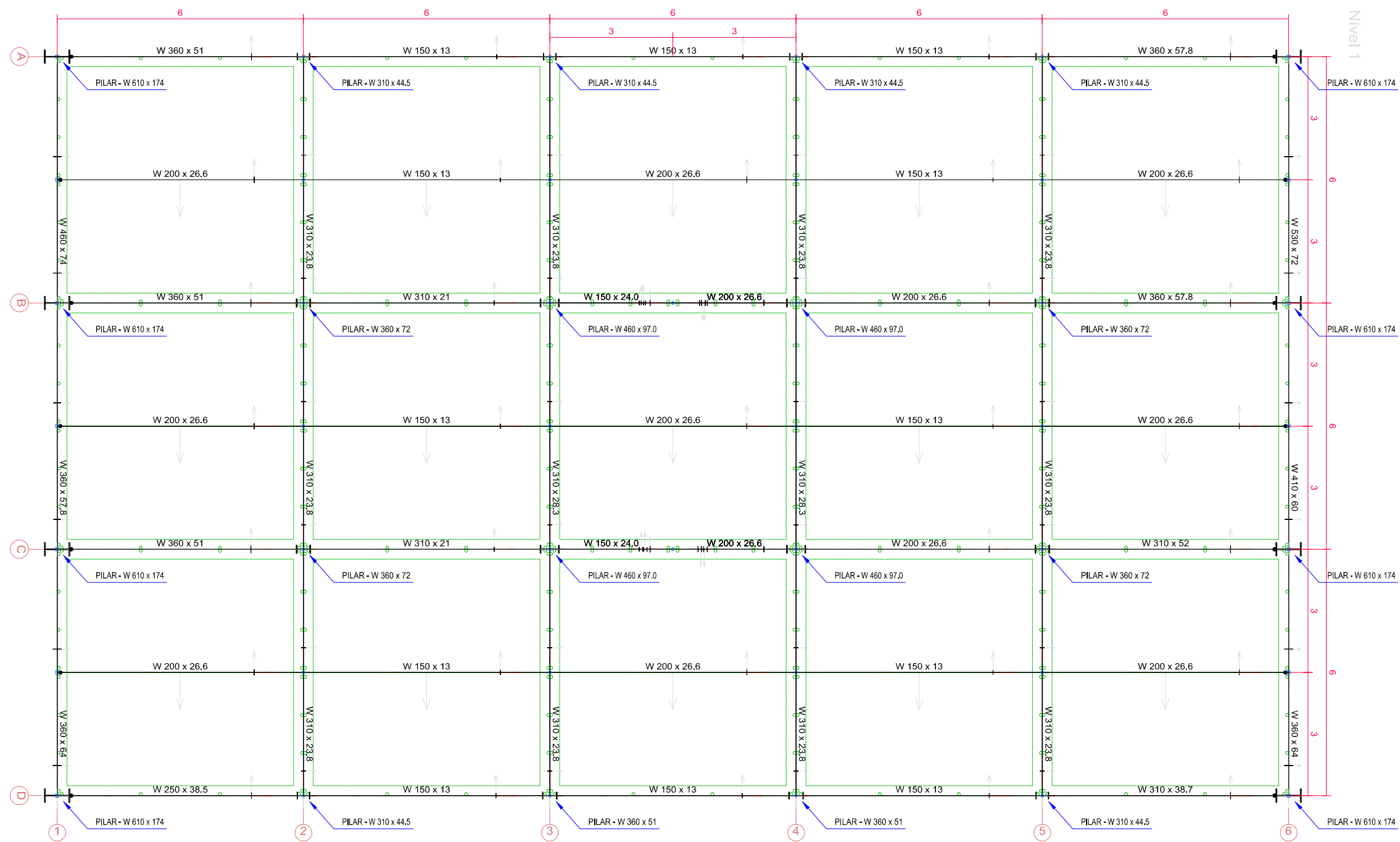
Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Eixo 5 e 6
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Escala: 1:75

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	VISTA - EIXOS 5 e 6	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	8 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



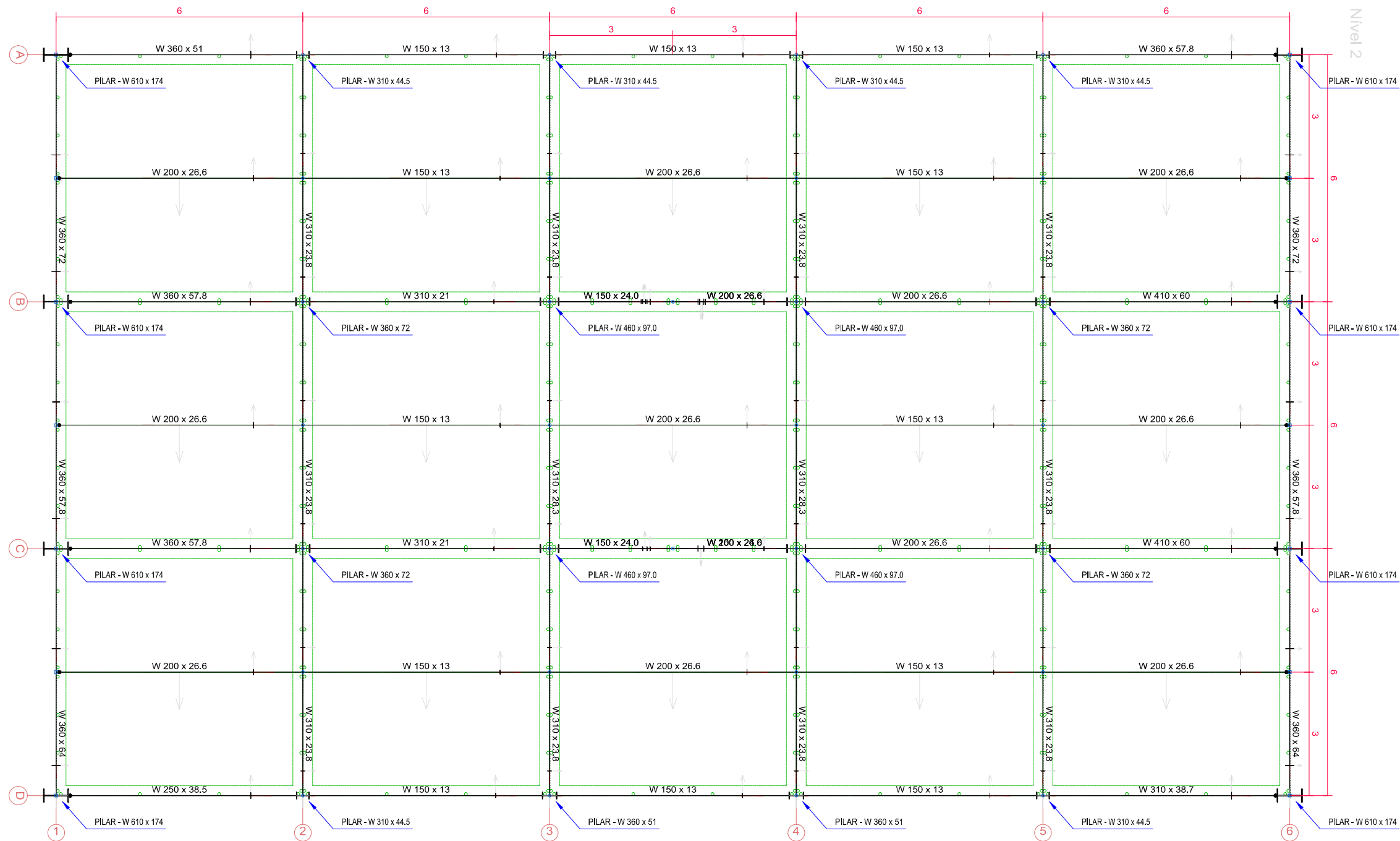
Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
Planta Baixa - Térreo
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - TÉRREO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	9 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



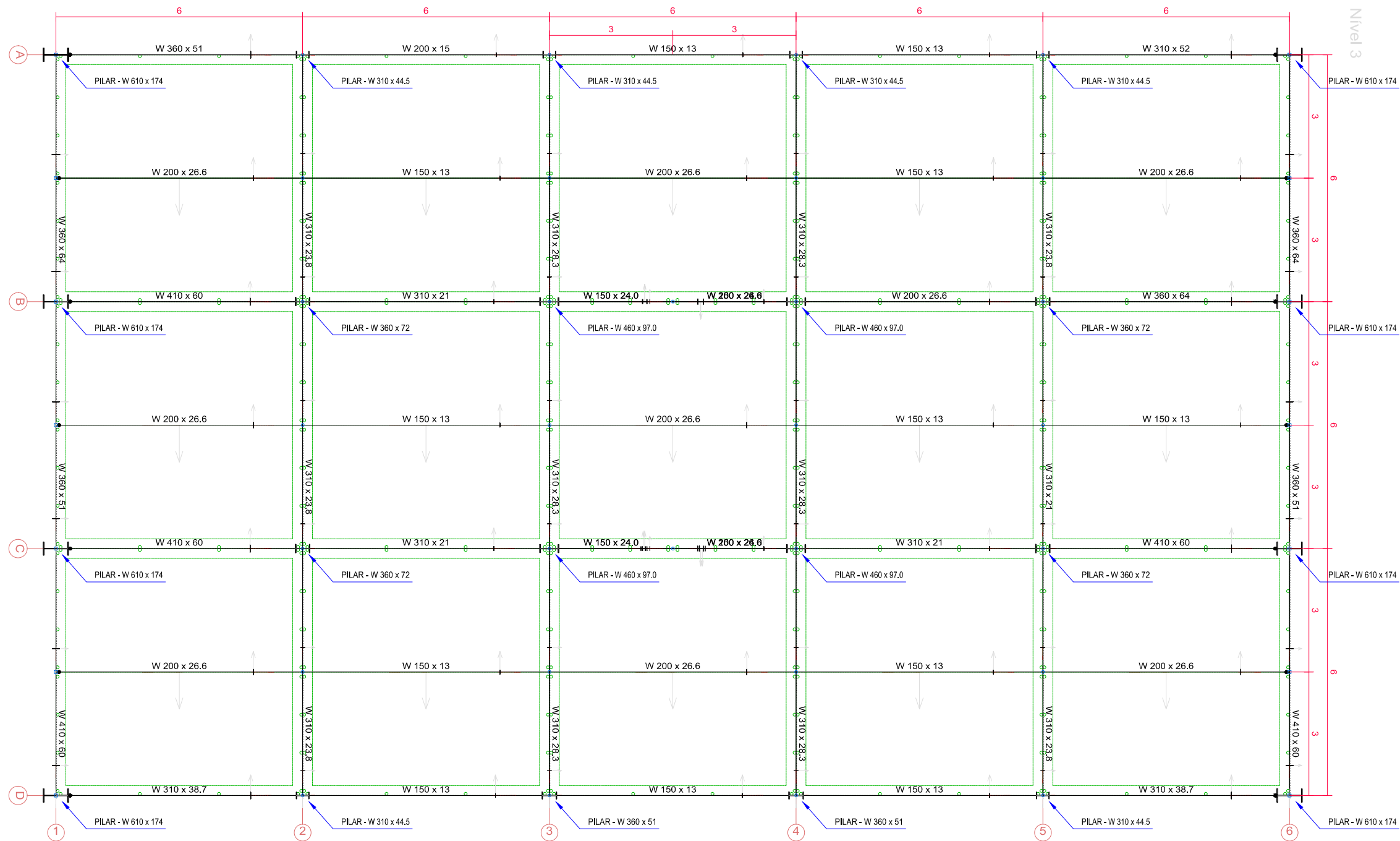
Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - 1º Pavimento
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - 1º PAVIMENTO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	10 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



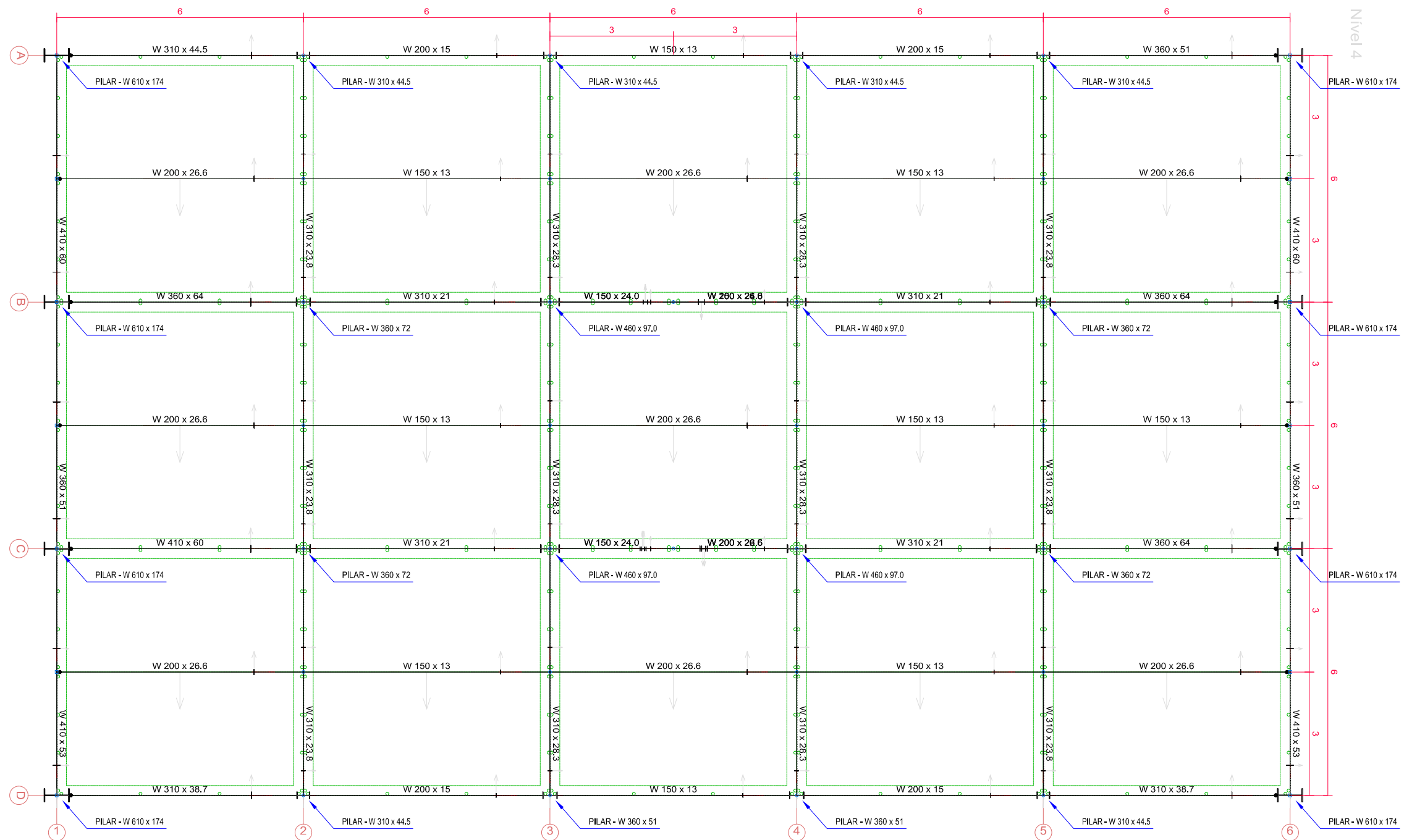
Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - 2º Pavimento
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - 2º PAVIMENTO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	11 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



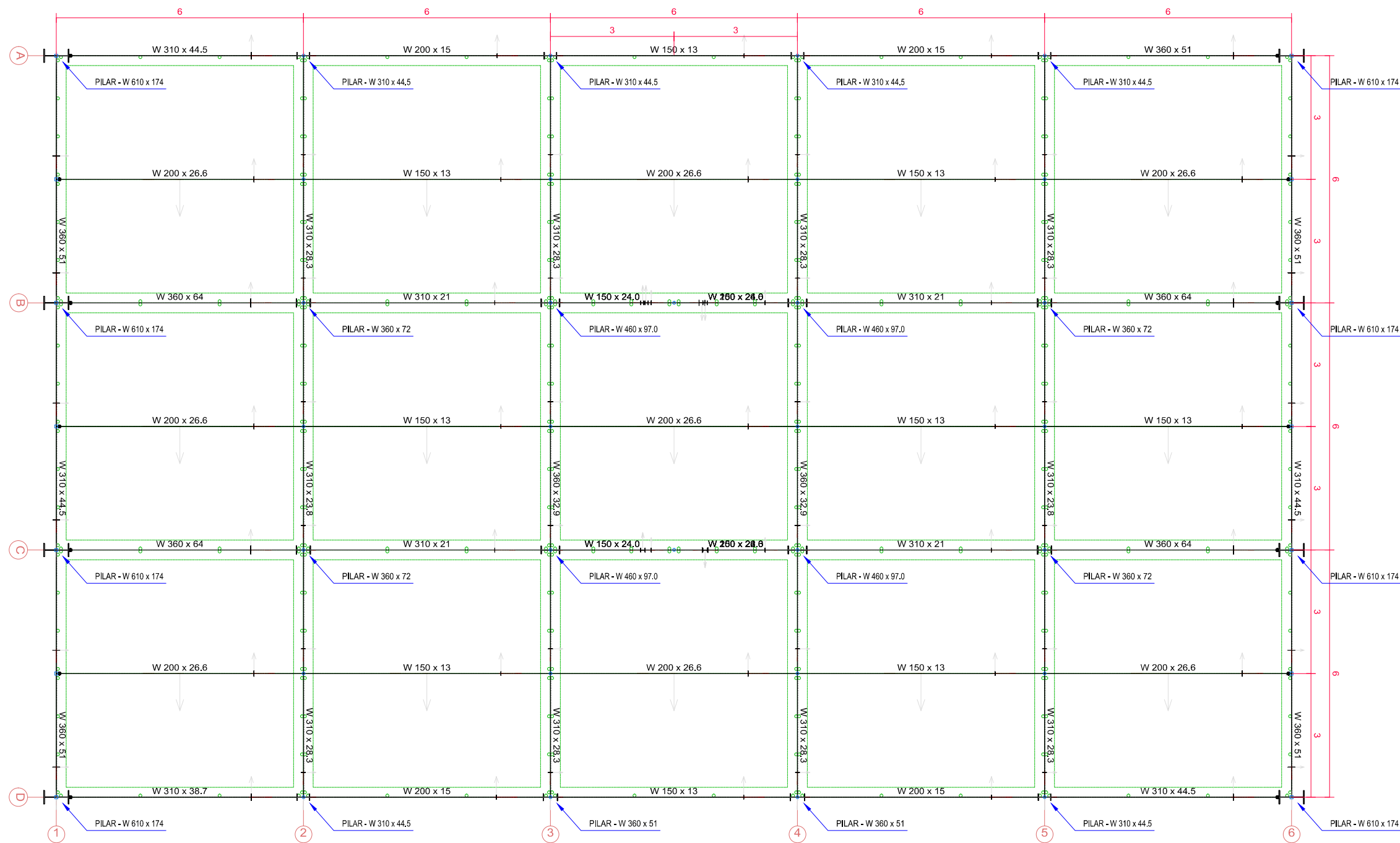
Toc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - 3º Pavimento
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - 3º PAVIMENTO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	12 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



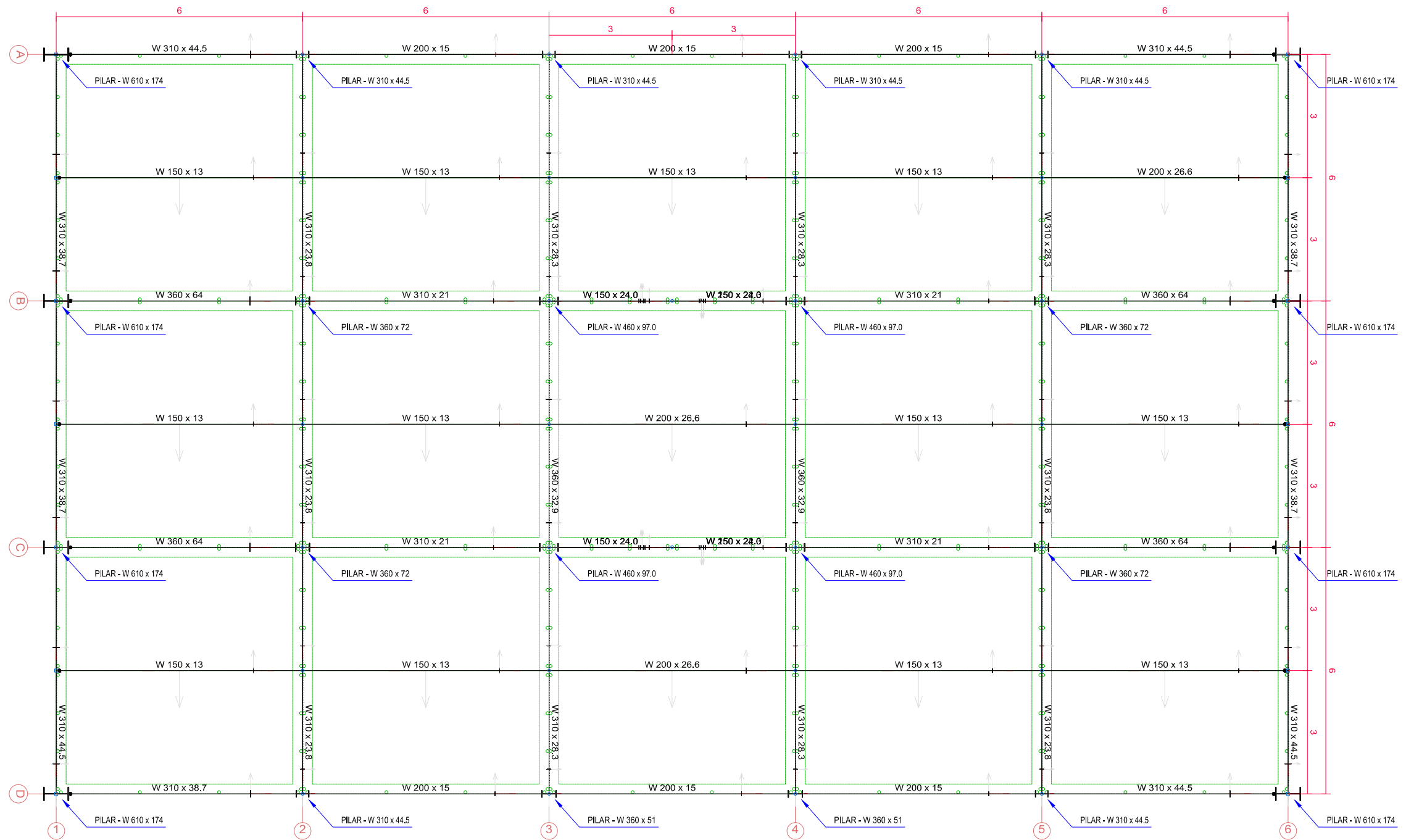
Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - 4º Pavimento
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - 4º PAVIMENTO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	13 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



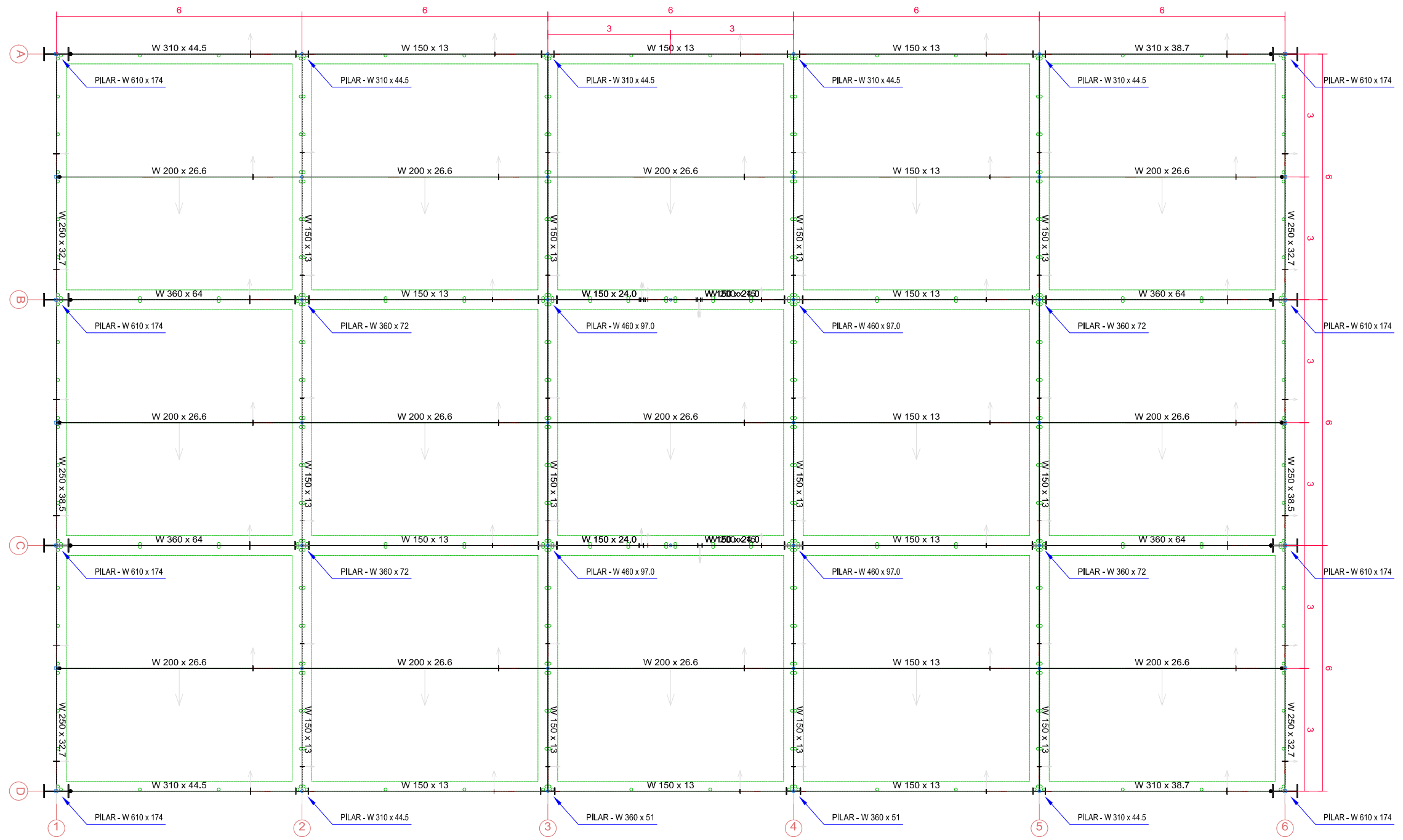
Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - 5º Pavimento
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - 5º PAVIMENTO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	14 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



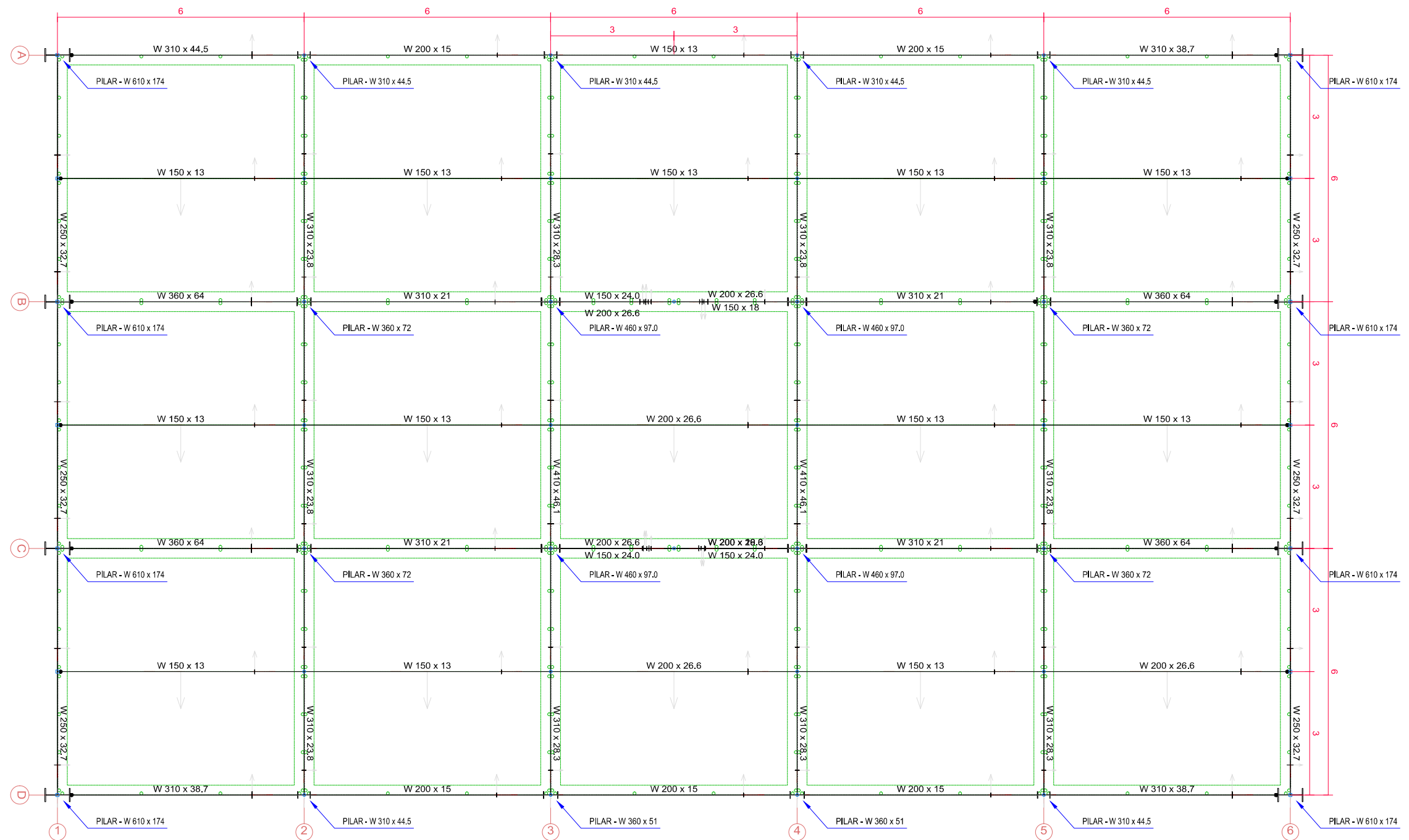
Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - 6º Pavimento
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - 6º PAVIMENTO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	15 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



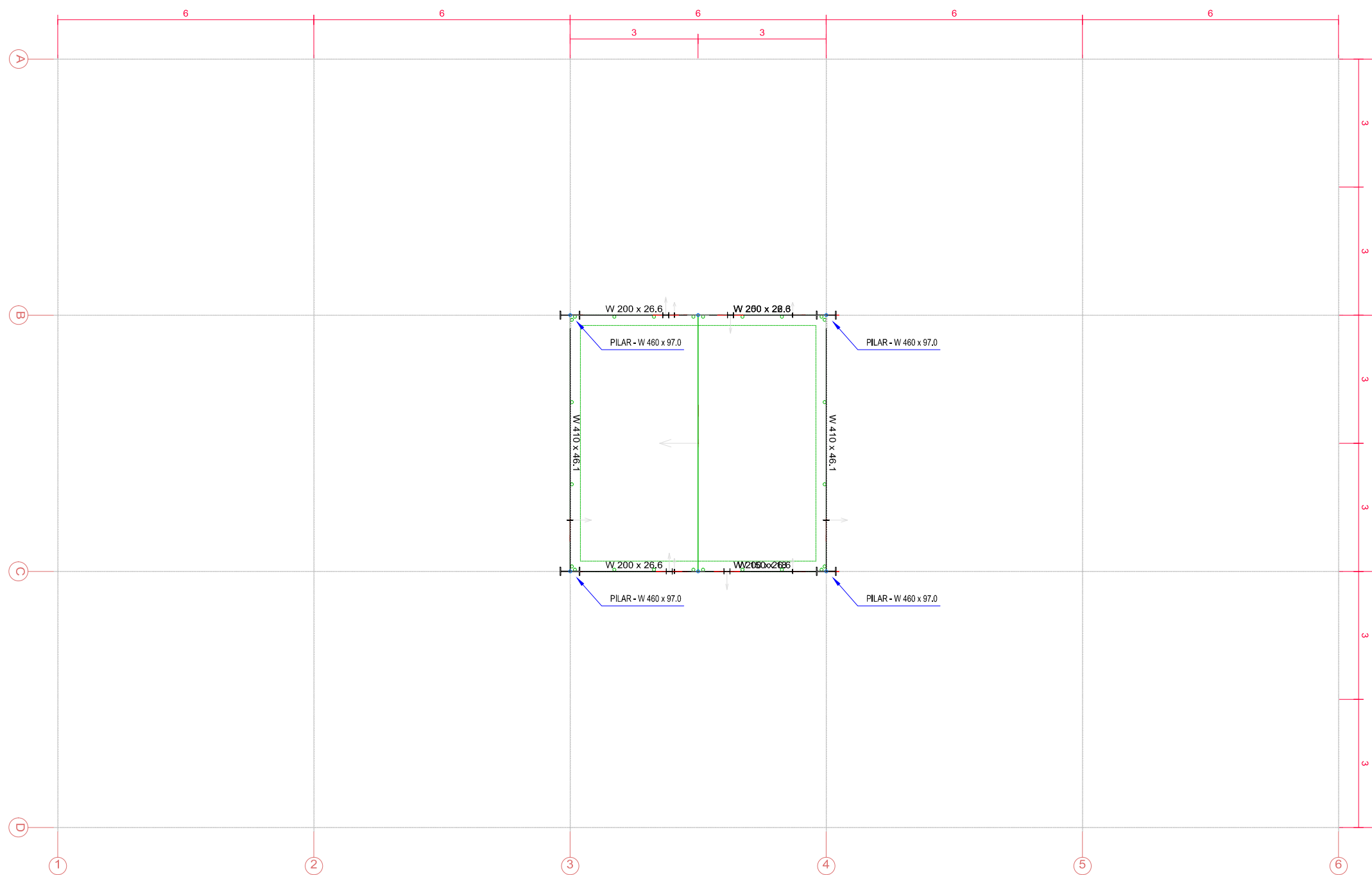
Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - 7º Pavimento
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - 7º PAVIMENTO	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	16 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - Cobertura
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

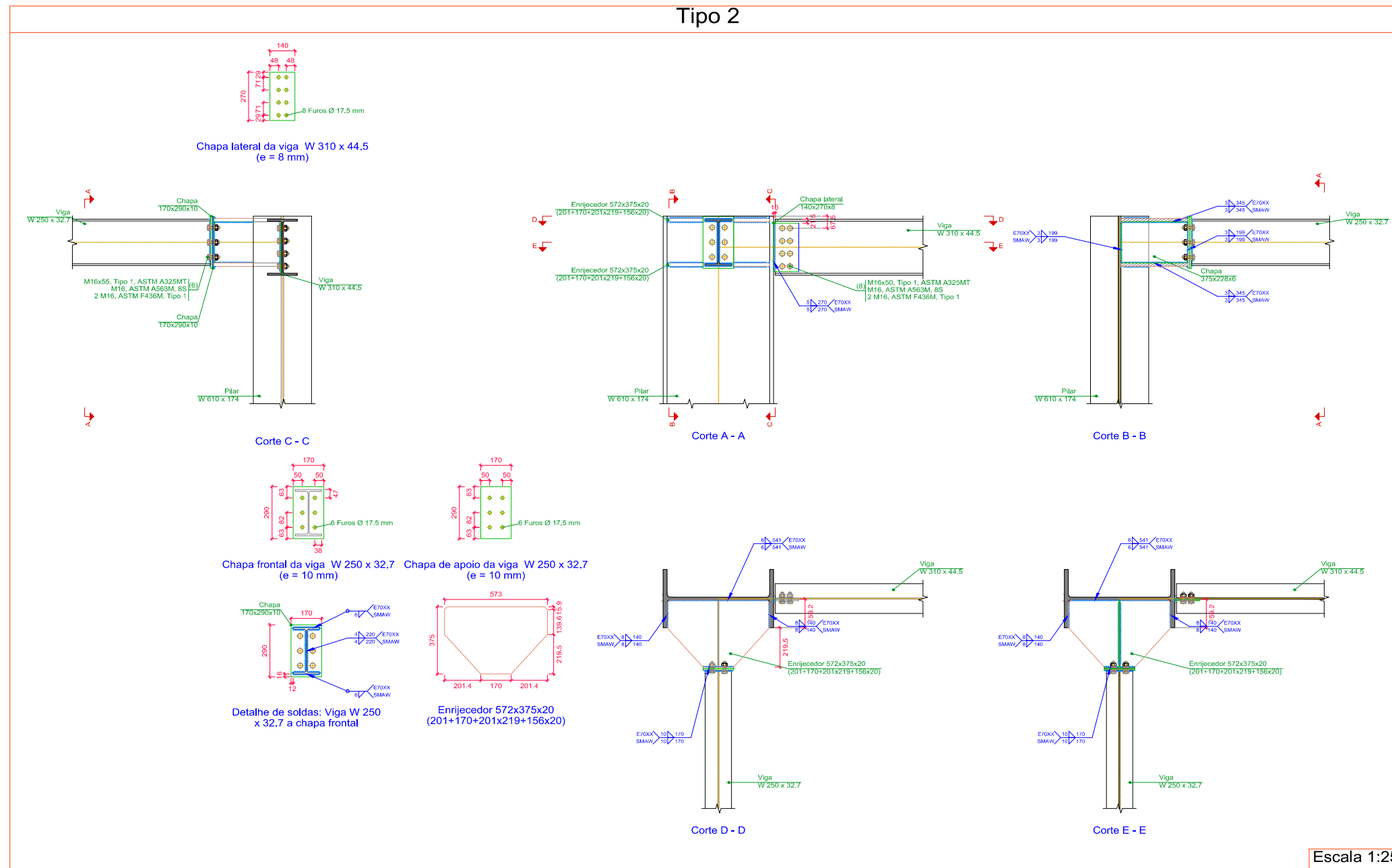
TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - COBERTURA	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	17 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



Tcc 2 - Projeto do Edifício de 8 Pavimentos
 Planta Baixa - Caixa d'Água
 Norma de aço laminado: ABNT NBR 8800:2008
 Norma de concreto: ABNT NBR 6118:2014
 Aço laminado (Barras): A-572 345MPa
 Concreto (Placas): C25, usina.rigor
 Escala: 1:100

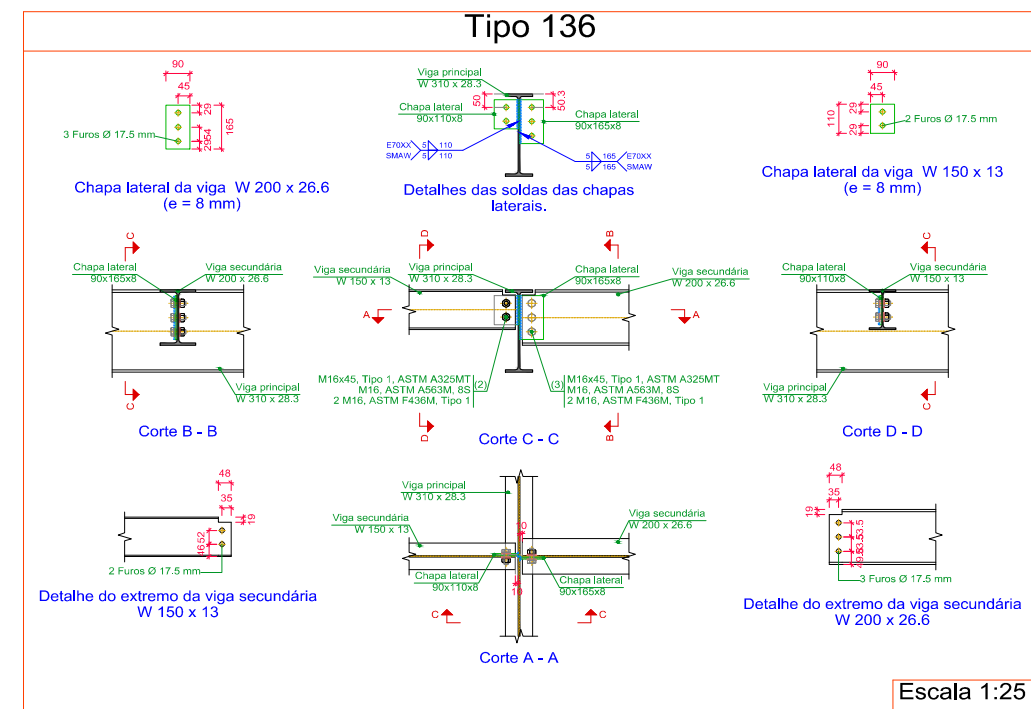
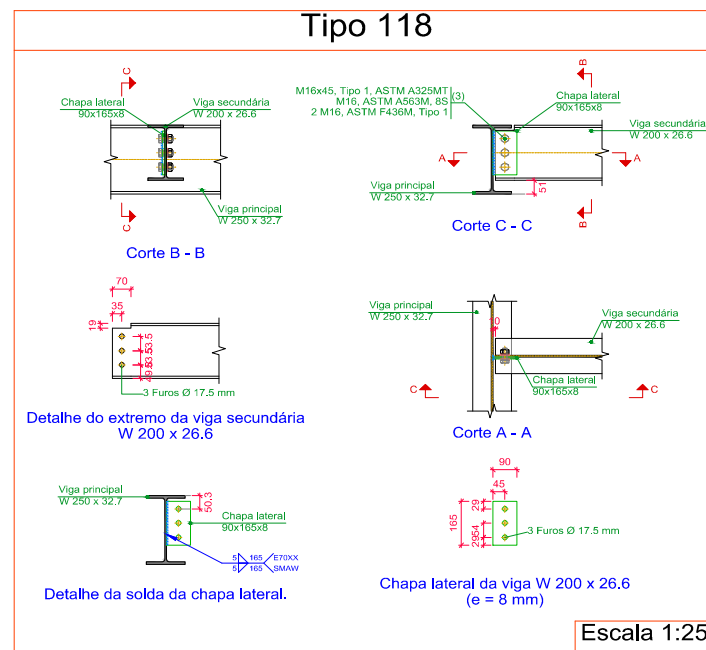
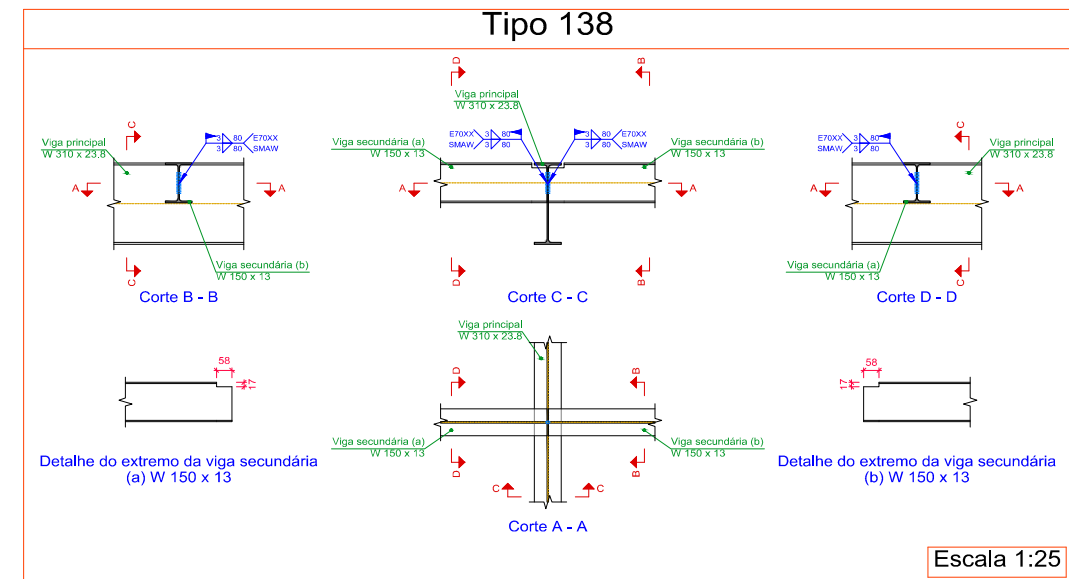
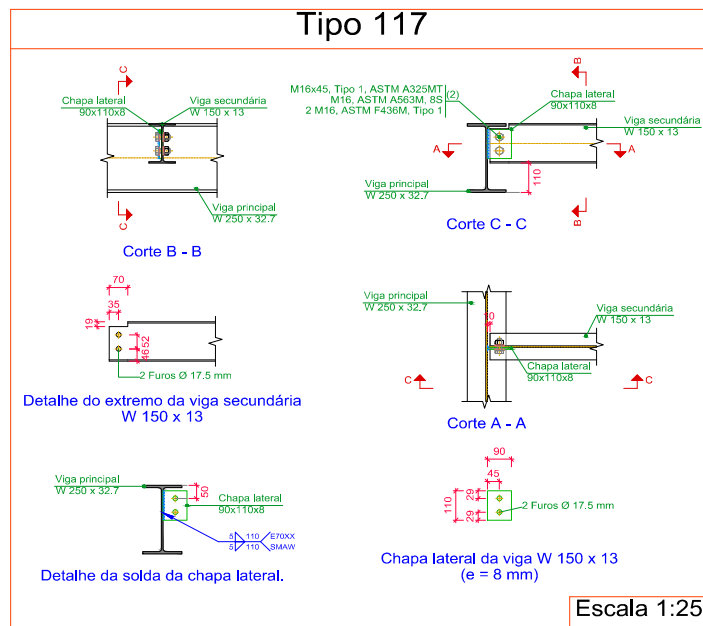
TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	PLANTA BAIXA - CAIXA d'ÁGUA	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	18 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

Tipo 2



LIGAÇÕES - Escala: Indicada

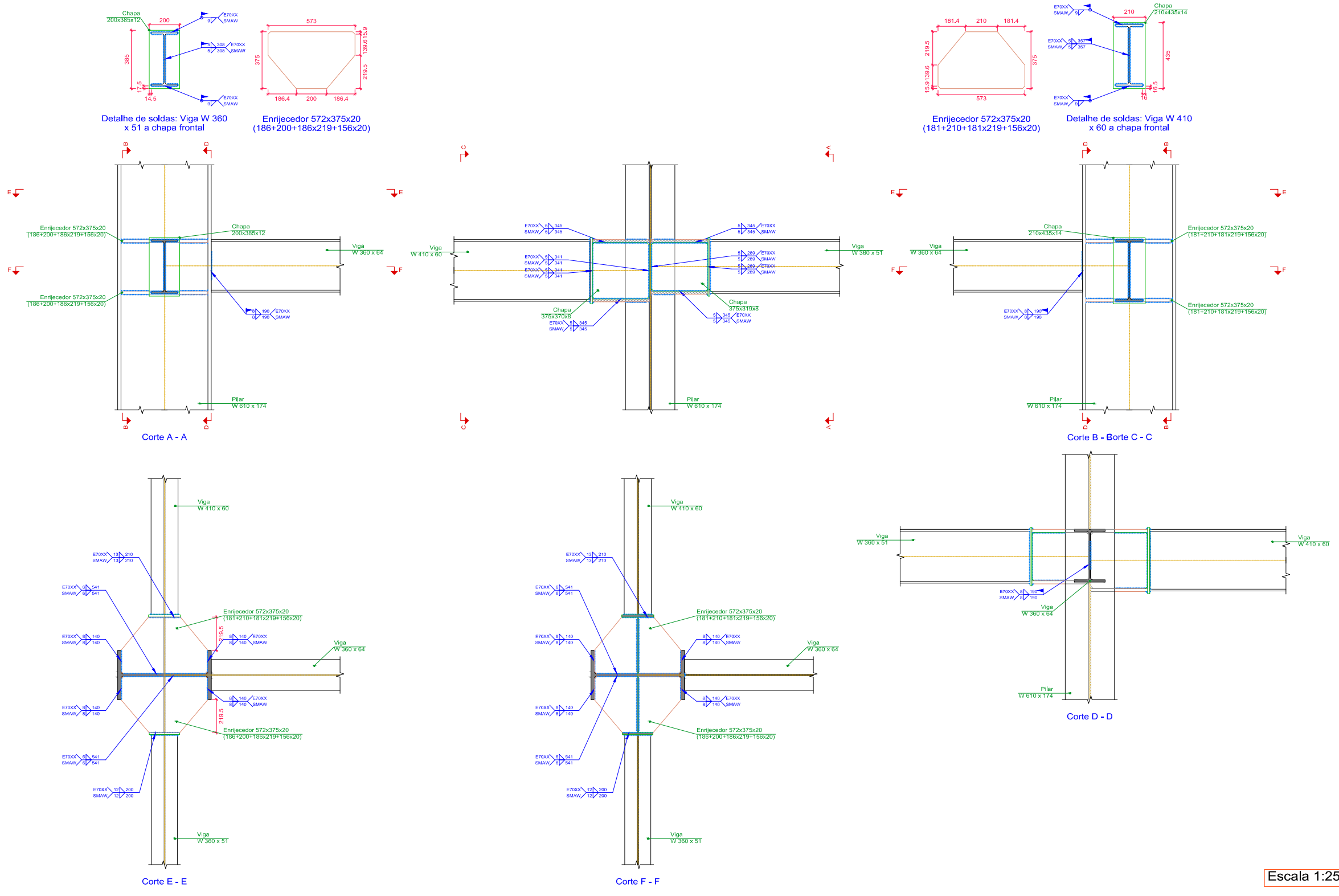
TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	19 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



LIGAÇÕES - Escala: Indicada

TÍTULO: EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO: YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.: DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA: INDICADA
ORIENTADOR: PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	REVISÃO: 01
	FOLHA: 20 / 28
	DATA: NOV/2018

Tipo 24

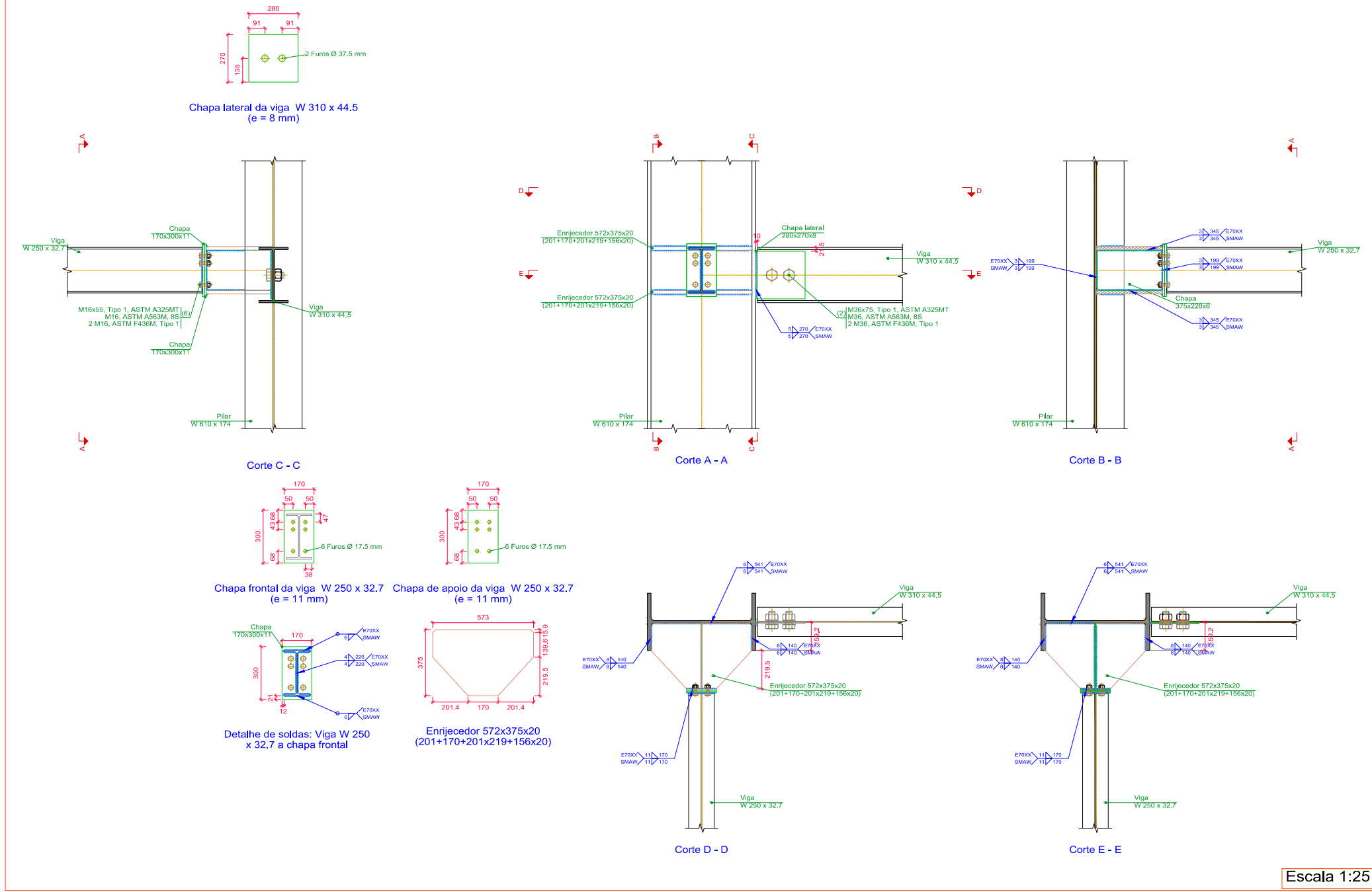


Escala 1:25

LIGAÇÕES - Escala: Indicada

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	21 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

Tipo 5

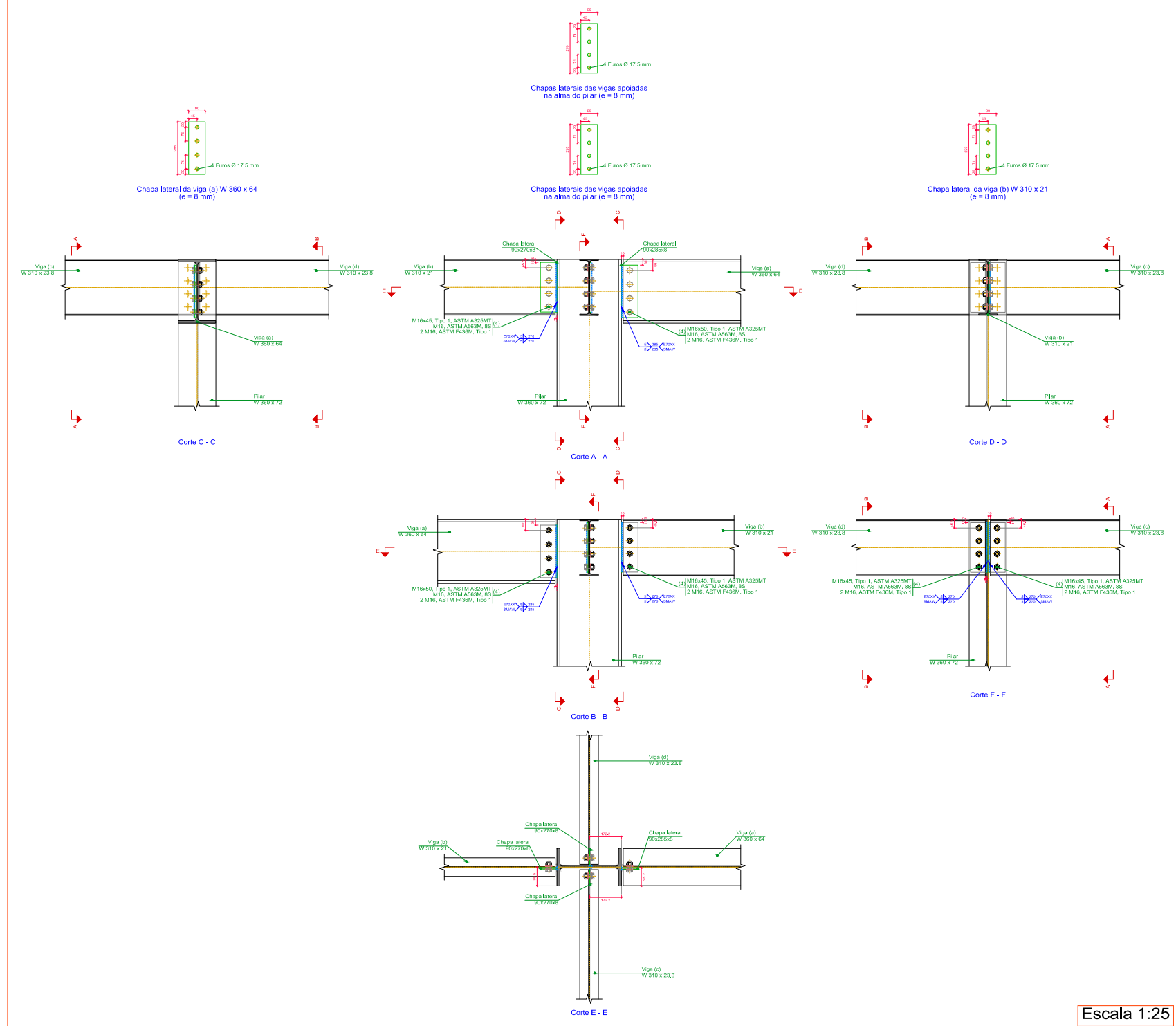


Escala 1:25

LIGAÇÕES - Escala: Indicada

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	22 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

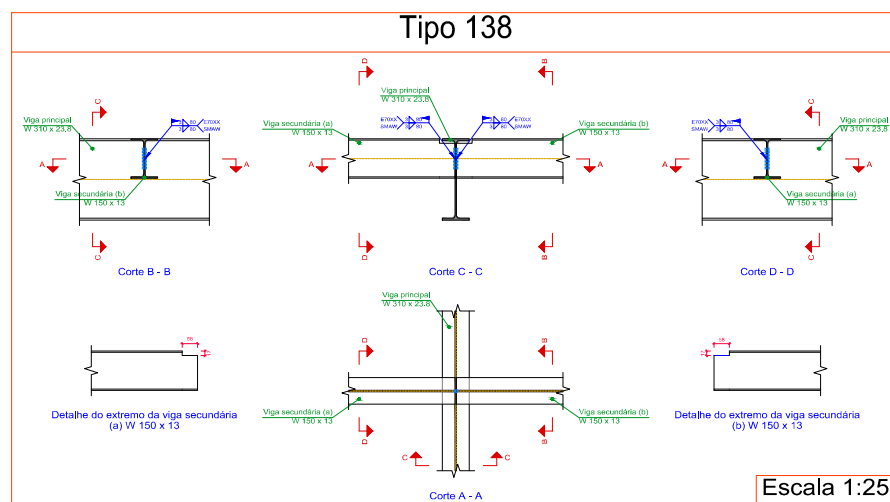
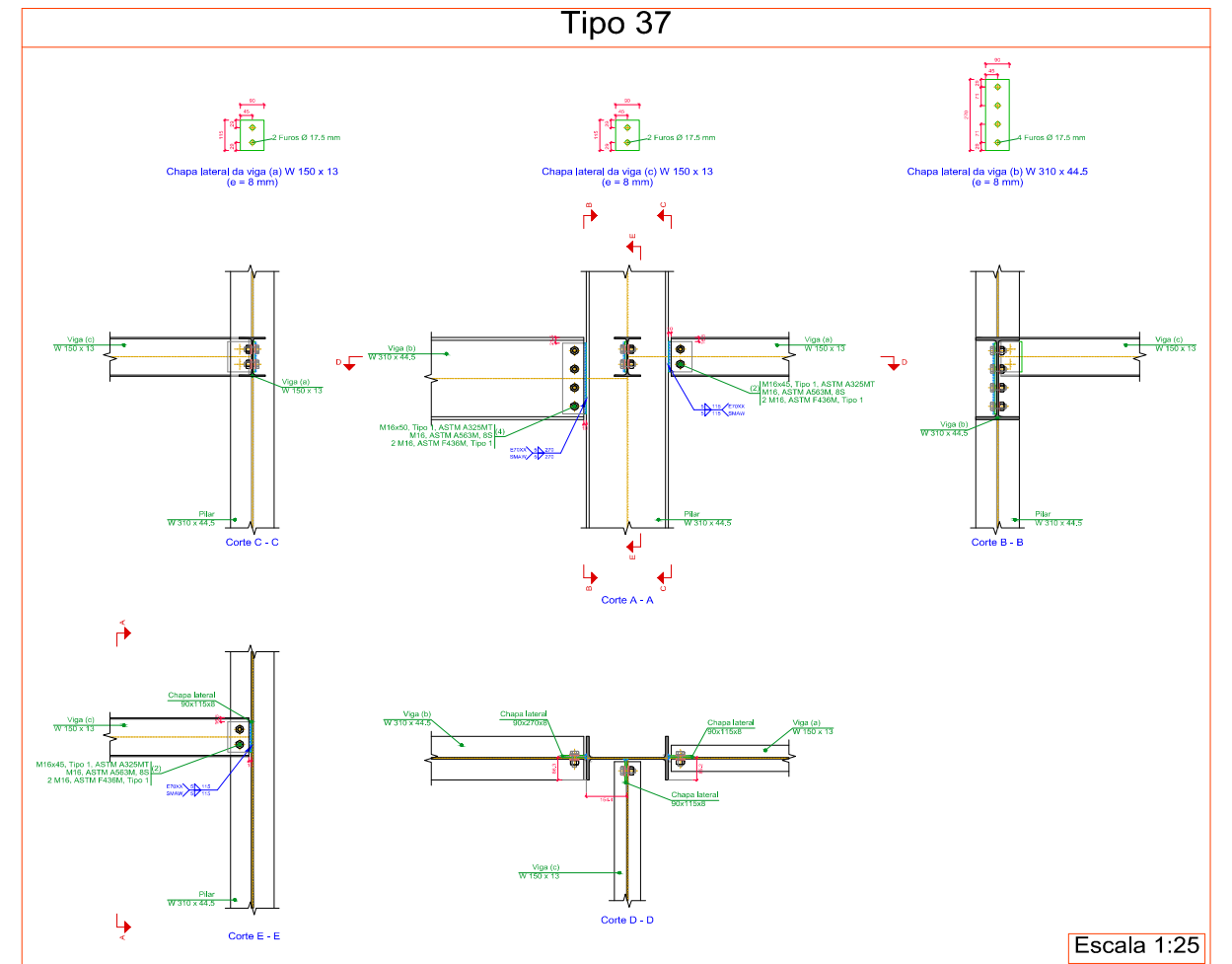
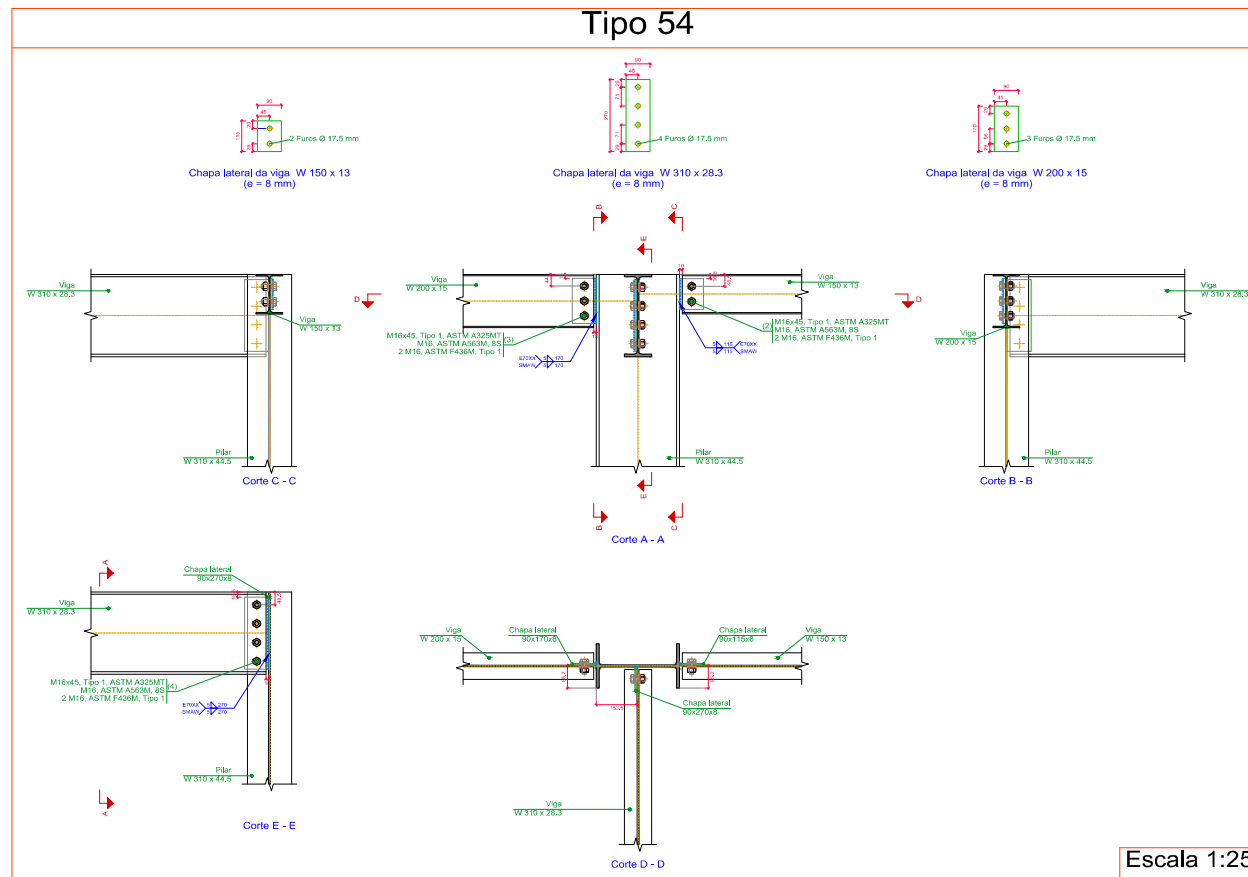
Tipo 36



Escala 1:25

LIGAÇÕES - Escala: Indicada

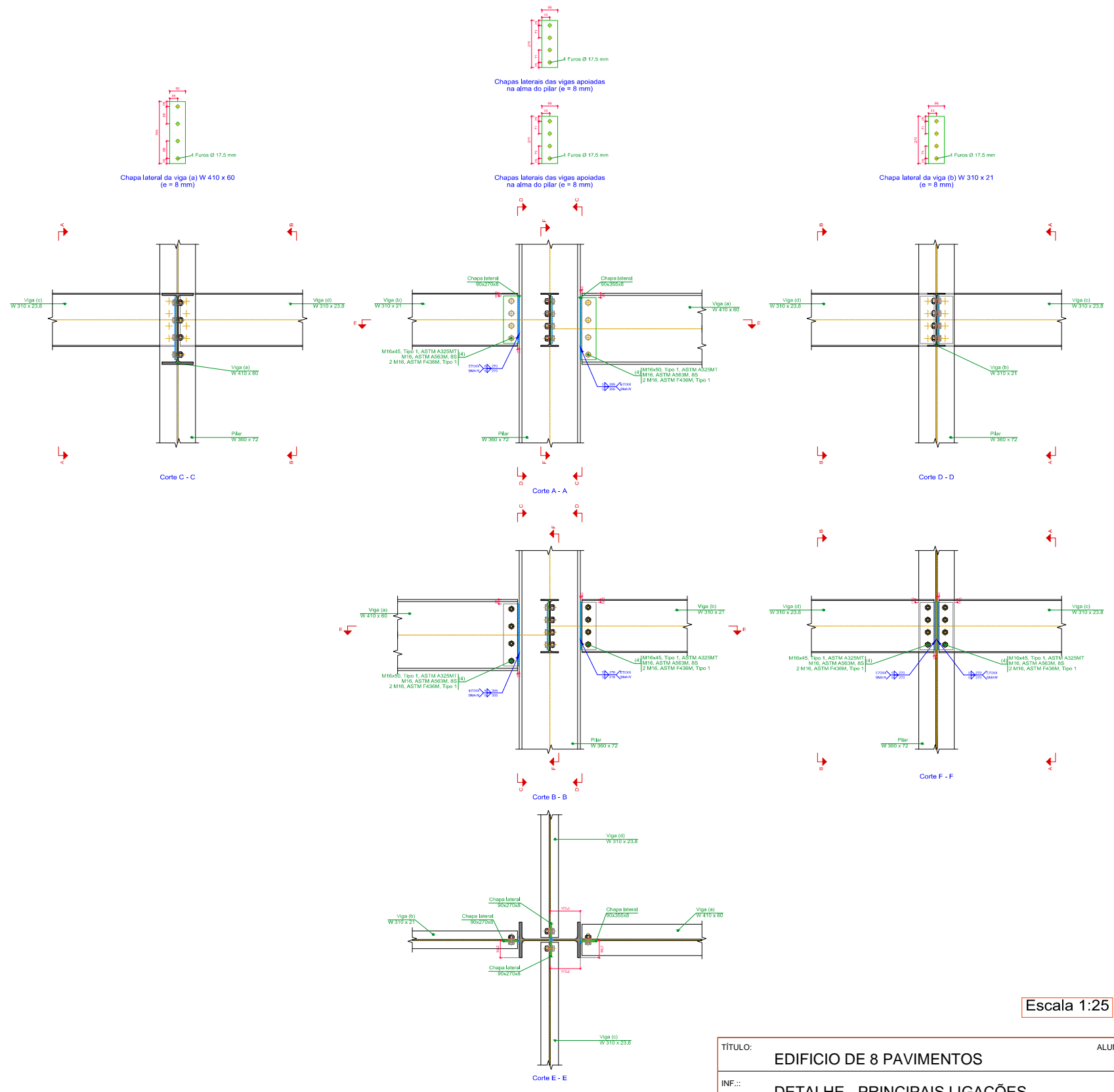
TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	REVISÃO:	01
		FOLHA:	23 / 28
		DATA:	NOV/2018



LIGAÇÕES - Escala: Indicada

TÍTULO: EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO: YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.: DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA: INDICADA FOLHA: 24 / 28
ORIENTADOR: PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	REVISÃO: 01 DATA: NOV/2018

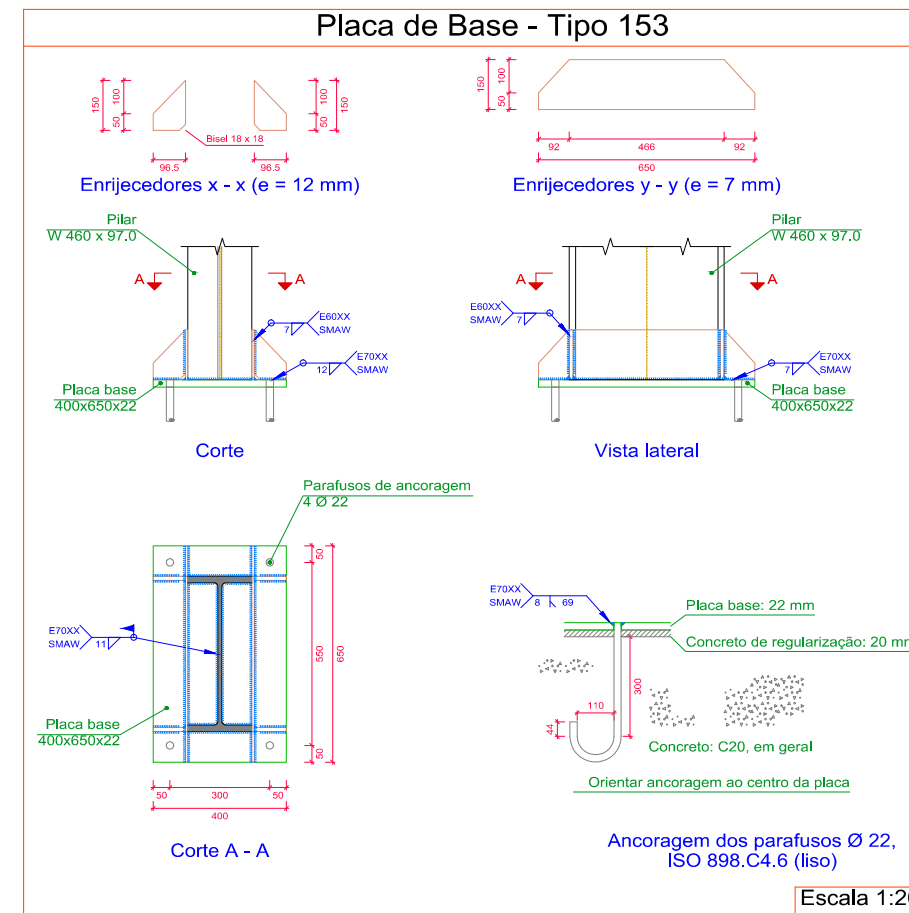
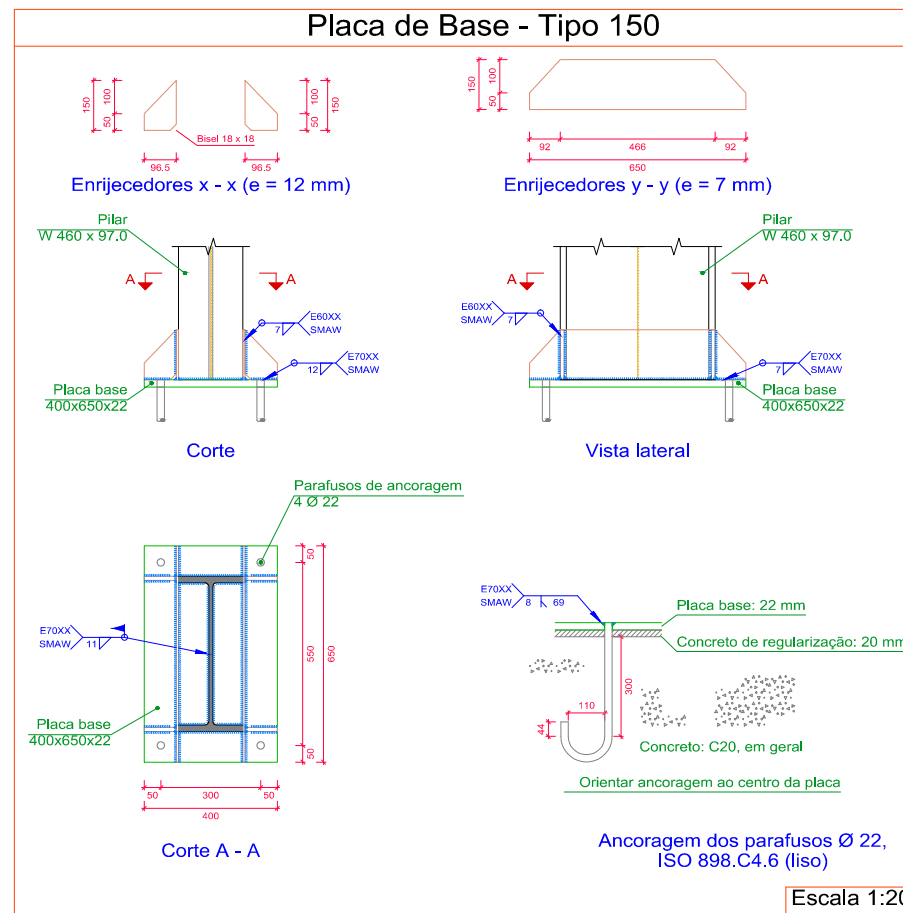
Tipo 51



Escala 1:25

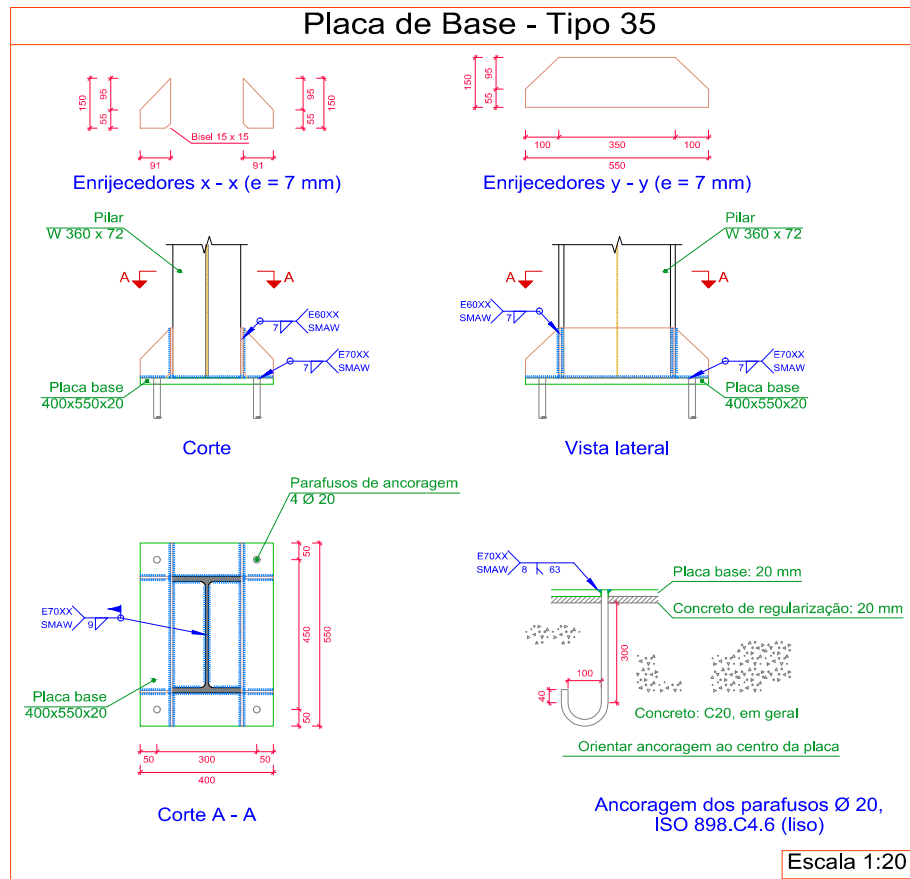
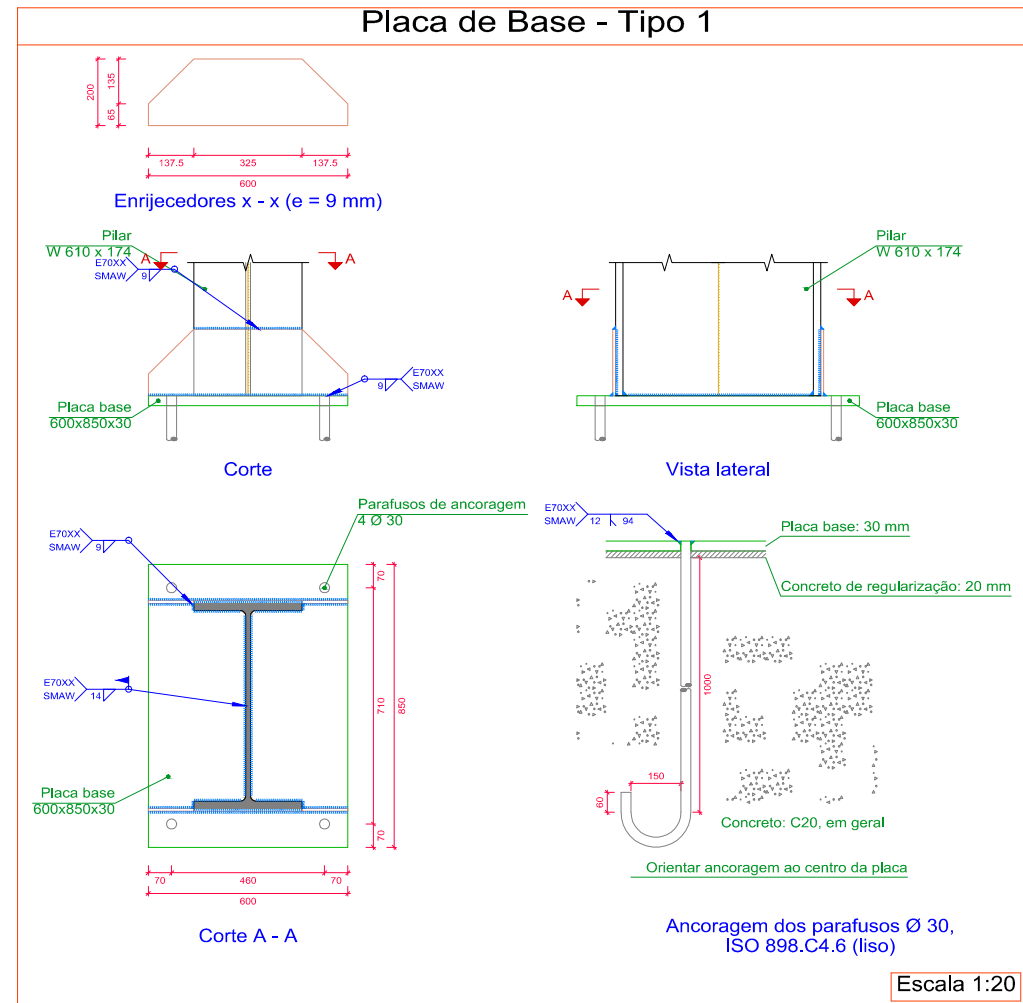
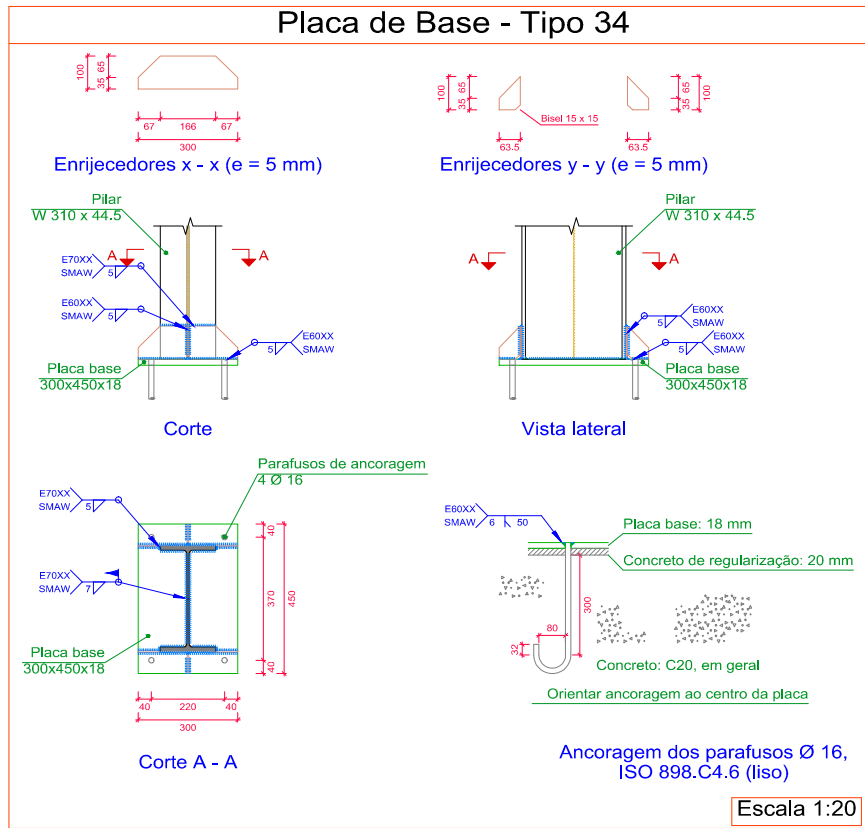
LIGAÇÕES - Escala: Indicada

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	25 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



PLACAS DE BASE - Escala: Indicada

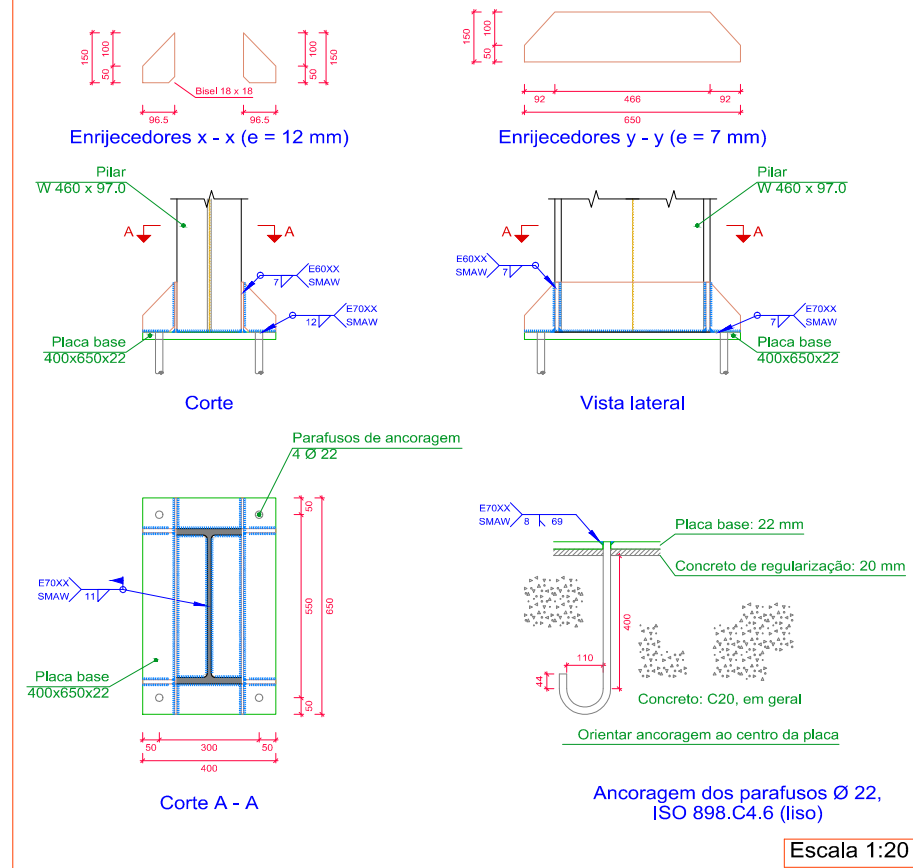
TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHE - PRINCIPAIS LIGAÇÕES	ESCALA:	INDICADA
		FOLHA:	26 / 28
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018



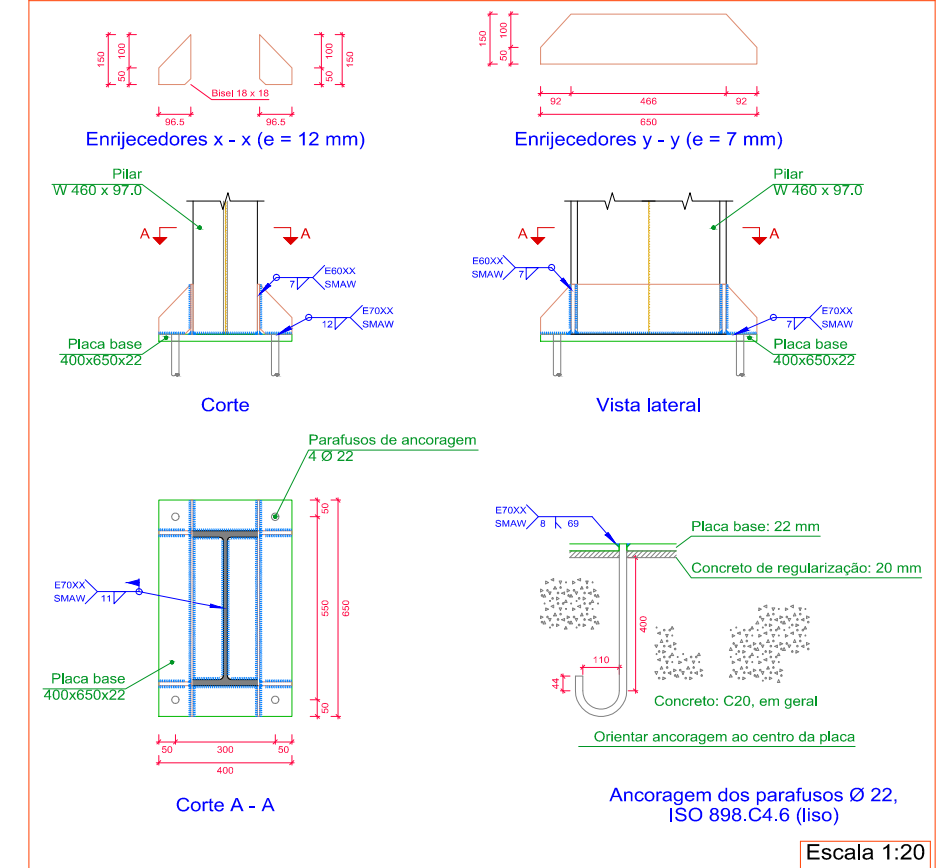
PLACAS DE BASE - Escala: Indicada

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHES - PLACAS DE BASE	ESCALA:	INDICADA
		REVISÃO:	01
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	27 / 28
		DATA:	NOV/2018

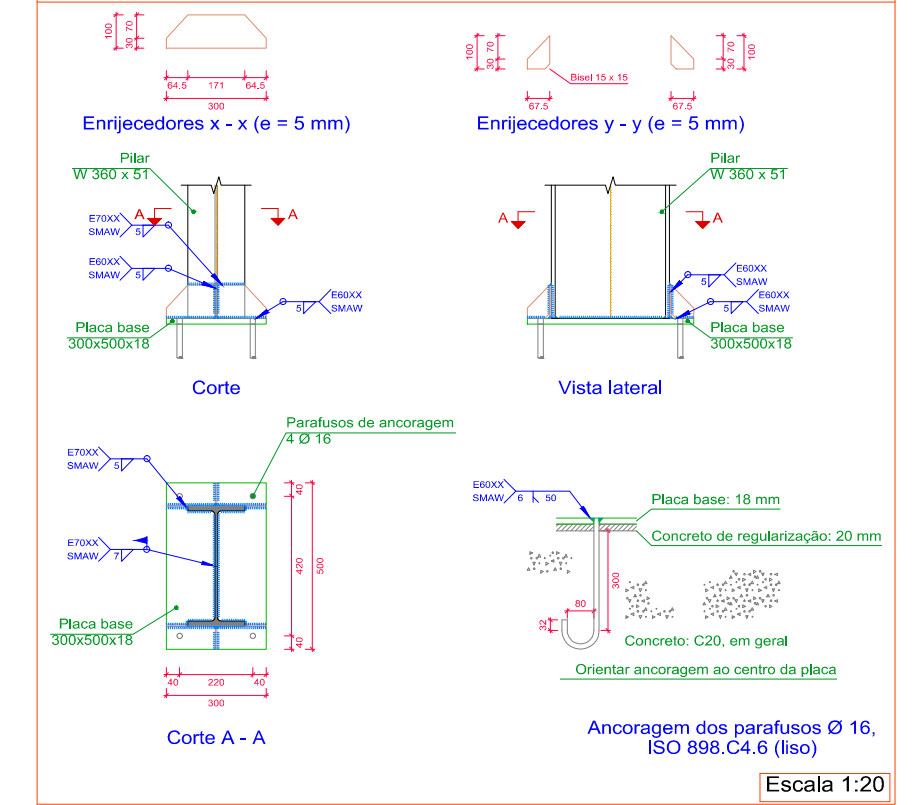
Placa de Base - Tipo 151



Placa de Base - Tipo 152



Placa de Base - Tipo 56



PLACAS DE BASE - Escala: Indicada

TÍTULO:	EDIFÍCIO DE 8 PAVIMENTOS	ALUNO:	YAGO MARTINS QUEIROZ
INF.:	DETALHES - PLACAS DE BASE	ESCALA:	INDICADA
ORIENTADOR:	PROF. DR. ARIIVALDO FERNANDES	FOLHA:	28 / 28
		REVISÃO:	01
		DATA:	NOV/2018

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT _____. NBR 5884: Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico — Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ABNT _____. NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.
- ABNT _____. NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações: procedimento. Rio de Janeiro, 1988.
- ABNT _____. NBR 8681: Ações e segurança nas estruturas: procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ABNT _____. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- ABNT _____. NBR 14762: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010.
- AWS _____. D1.1/D1.1M: Código de soldagem estrutural – Aço. Miami, 2010.
- BELLEI, I.H. Edifícios industriais em aço. 6.ed. São Paulo: PINI, 2010.
- BELLEI, I.H.; PINHO, F.O.; PINHO, M.O. Edifícios de múltiplos andares em aço. 2.ed. São Paulo: PINI, 2008.
- CHAMBERLAIN, Z.M.; FICANHA R.; FABEANE, R. Projeto e cálculo de estruturas de aço: Edifício industrial detalhado. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- CYPE INGENIEROS, S.A. Memória de Cálculo - Cype 3D. Braga, 2015.
- DIAS, L.A.M. Estruturas de aço: Estruturas de aço: Conceitos, técnicas e linguagem. 11. Reimpressão. São Paulo: Zigurate Editora, 2015.
- KIMURA, A. Informática aplicada a estruturas de concreto armado / Alio Kimura. – 2. Ed. Ampl. E atual -- São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- MACIEL, Elton F., ROCHA, Ricardo A. A utilização dos perfis metálicos na construção civil. MBA Empresarial – Consórcio 2 / 2002. Fundação Dom Cabral, Belo Horizonte, 2003.
- PFEIL, W; PFEIL, M. Estruturas de aço: dimensionamento prático segundo a NBR 8800:2008. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.