



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

卫铭辰 (Wei Mingchen)

AVALIAÇÃO DE SEGURANÇA DE INFRAESTRUTURAS E
PROJETO DUM EDIFÍCIO NA ARÁBIA SAUDITA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO NA EMPRESA

Hefei Institute for Public Safety Research, Tsinghua University e Beijing Institute
of Residential Building Design & Research Co., Ltd orientada pelo
Professora Doutora Helena Maria dos Santos Gervásio e pelo Professor Ma
Zheliang e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil
da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

September 2023

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra
Departamento de Engenharia Civil

Wei Mingchen

Avaliação de Segurança de infraestruturas e

Projeto dum edifício na Arábia Saudita

Safety assessment of infrastructures and Building design in Saudi Arabia

RELATÓRIO DE ESTÁGIO NA EMPRESA

Hefei Institute for Public Safety Research, Tsinghua University e Beijing Institute of Residential Building Design & Research Co., Ltd orientada pelo Professora Doutora Helena Maria dos Santos Gervásio e pelo Professor Ma Zheliang e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Esta Dissertação é da exclusiva responsabilidade do seu autor. O Departamento de Engenharia Civil da FCTUC declina qualquer responsabilidade, legal ou outra, em relação a erros ou omissões que possa conter.

Outubro de 2023

1 2  9 0

UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Wei Mingchen

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO NA EMPRESA
HEFEI INSTITUTE FOR PUBLIC SAFETY RESEARCH. TSINGHUA UNIVERSITY
E
BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO.,
LTD**

Avaliação de Segurança de Infraestruturas
e
Projeto de um edifício na Arábia Saudita

Relatório de Estágio apresentado à Universidade de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, opção de especialização em Mecânica estrutural, realizada sob a orientação científica do Engenheiro Li Shu de HEFEI INSTITUTE FOR PUBLIC SAFETY RESEARCH. TSINGHUA UNIVERSITY, do Engenheiro Ma Zheliang de BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO., LTD e da Professora Helena Gervásio, Professor do Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra.

Agradecimentos

A realização desta dissertação de mestrado e também, o curso tudo, contou com importantes apoios e incentivos sem os quais não se teria tornado uma realidade e aos quais estarei eternamente grata.

Ao Professor Rui António Duarte Simões, meu orientador de curso, tive muita sorte em conhecê-lo e tem sido paciente e uma grande ajuda para mim, tanto a nível académico como psicológico, desde que cheguei aqui até agora. Acho que não teria conseguido chegar até aqui sem a vossa ajuda.

A Professora Helena Maria dos Santos Gervásio, minha orientadora de estágio e professora do curso de Pontes. Sempre a ensinar e a responder às nossas perguntas com um grande sorriso e paciência, tanto na aula como no final da mesma.

Aos Professores dos meus cursos tirados na faculdade, explicando pacientemente as palavras que não compreendo quando tenho dificuldades linguísticas, explicando-me pacientemente uma e outra vez quando tenho problemas que não compreendo, e confortando-me quando estou frustrado e no meu ponto mais baixo.

Aos colegas do perfil de Mecânica Estrutural, Cristin Pislaru, Juan Emanuel Aguiar Baptista, Simão de Carvalho Freitas Simões, Leonardo Pappas Toscano Costa, o último semestre foi curto, mas difícil e foi bom ter a vossa companhia e ajuda para completar um trabalho complexo e difícil após outro.

A minha família e os meus amigos, o vosso apoio e a vossa ajuda são o que me iluminam no escuro, o guarda-chuva que me protege na tempestade e a espada que me ajuda a lutar contra as dificuldades.

Palavras-chave:

- Projeto de Segurança de Infraestruturas Urbanas
- Utilização de software YJK no dimensionamento de prédio

Resumo:

O presente Relatório de Estágio, procura relatar o percurso que o aluno realizou durante cinco meses de estágio, na empresa HEFEI INSTITUTE FOR PUBLIC SAFETY RESEARCH, TSINGHUA UNIVERSITY e BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO., LTD assim como investigação que promoveu e os projetos que realizou, durante o período que decorreu entre março e julho de 2023.

Neste relatório é descrito todo o trajeto desde o início do seu estágio, durante o qual se familiarizou com um Sistema de Segurança de Infraestruturas Urbanas e dimensionou um edifício na Arábia Saudita num gabinete de Estruturas com os restantes engenheiros do projeto.

Assim serão apresentados um estudo e um projeto. Os temas incluem o estudo de sistemas de monitorização de segurança para condutas de água e gás e pontes urbanas, e a modelação de um edifício utilizando o software YJK.

O resultado destes projetos teve como objetivo de reconhecer o papel que a Engenharia Civil desempenha na sociedade chinesa de muitas formas, da teoria à prática.

Keywords:

- Assessment of safety Urban infrastructures
- Use of YJK software in building design

Summary:

This Internship Report seeks to report the course that the student took during four months of internship, in the company HEFEI INSTITUTE FOR PUBLIC SAFETY RESEARCH, TSINGHUA UNIVERSITY and BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO., LTD as well as research that promoted and the projects that carried out, during the period that took place between March and July 2023.

This report describes the entire journey from the beginning of his internship, in which he worked in the Urban Lifeline Security Project and designed a building in Saudi Arabia in the Structures office with the project engineers.

One studies and one project will be presented. Topics include the study of safety monitoring systems for water and gas pipelines and urban bridges, and the building modelling using YJK software.

The result of these projects aimed to recognize the role that Civil Engineering plays in Chinese society in many ways, from theory to practice.

Índice

Índice de Figuras	7
Índice de Quadros	9
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Enquadramento	10
1.2 Estrutura de relatório	10
2 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DE INFRAESTRUTURAS URBANAS	12
2.1 Introdução	12
2.2 Visão e missão	13
2.3 Futuro	13
2.4 Centro de Investigação de Segurança de Redes Urbanas	14
2.4.1 Rede de distribuição de gás	15
2.4.2 Rede de distribuição de água	15
2.4.3 Redes de pontes	16
2.5 Plataforma de monitorização da segurança de pontes	17
2.6 Resumo	20
3 PROJETO DE UM EDIFÍCIO	22
3.1 Introdução	22
3.2 Projeto de um edifício	22
3.2.1 Software de cálculo estrutural YJK	22
3.2.2 Criação do modelo estrutural	23
3.2.3 Materiais e códigos considerados	25
3.2.4 Ações consideradas	26
3.2.5 Cálculo estrutural	28
3.2.6 Verificação da segurança	28
3.2.7 Dimensionamento das fundações	36
3.2.7 Peças desenhadas do projeto	37
3.2.8 Mapa das quantidades	37
3.2.9 Síntese do projeto de edifício	38
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
ANEXO – Peças desenhadas	41

Índice de Figuras

Figura 2.1– Vista geral de Hefei Instituto for Public Safety Research. Tsinghua University	12
Figura 2.2– Entrada do Instituto Hefei for Public Safety Research, Tsinghua University.	13
Figura 2.3– Localização do Instituto Hefei for Public Safety Research, Tsinghua University	14
Figura 2.4– Centro de monitorização.	14
Figura 2.5– Monitorização da concentração de gás.	15
Figura 2.6– Monitorização do caudal da água	16
Figura 2.7– Monitorização da vibração de uma ponte.	16
Figura 2.8– Plataforma do modelo da ponte (1).	17
Figura 2.9– Plataforma do modelo da ponte (2).	17
Figura 2.10 – Mapa das funções de Suporte inteligente de altura ajustável	18
Figura 2.11– Suporte inteligente de altura ajustável (geração inicial)	19
Figura 2.12– Veículo experimental de ponte com carga de enviesamento - Vão lateral	19
Figura 2.13– Veículo experimental de ponte com carga de enviesamento – Meio Vão	20
Figura 2.14– Suporte inteligente de altura ajustável (Versão final)	20
Figura 3.1– Software YJK.	23
Figura 3.2 – Planta do piso 0.	23
Figura 3.3– Planta do piso 1.	24
Figura 3.4– Planta do piso 2.	24
Figura 3.5– Definição de uma planta no software.	25
Figura 3.6– Identificação das componentes estruturais.	25
Figura 3.7– Definição das ações nas lajes.	26
Figura 3.8– Definição das ações nas vigas.	27
Figura 3.9– Edifício já com os três pisos.	27
Figura 3.10– Parâmetros de cálculo.	28
Figura 3.11-Verificação dos elementos que não verificam a segurança	30
Figura 3.12-Exemplo de Pilar que não está em segurança	30
Figura 3.13-Informação Geométrica de Pilar	31
Figura 3.14-Informações das Combinações	32
Figura 3.15-Informações de conceção de Pilar	33
Figura 3.16-Informções dos resultados do Pilar	35
Figura 3.17-Exemplo de Viga que não está em segurança	36
Figura 3.18- Informações dos resultados da Viga	36

Figura 3.19-Armaduras das Fundações	37
Figura A.1– Armaduras das Vigas do Piso 0.	42
Figura A.2– Armaduras das Vigas do Piso 1.	43
Figura A.3– Armaduras das Vigas do Piso 2.	43
Figura A.4– Espessura das lajes e classe de betão.	44
Figura A.5 – Armaduras dos Pilares do Piso 1.	44
Figura A.6– Armaduras dos Pilares do Piso 1.	45
Figura A.7– Armaduras dos Pilares do Piso 2	45
Figura A.8 – Armaduras das Paredes do Piso 0.	46
Figura A.9– Armaduras das Paredes do Piso 1.	46
Figura A.10– Armaduras das Paredes do Piso 2.	47
Figura A.11– Pormenores dos pilares	47
Figura A.12– Armaduras da Laje do Piso 0.	48
Figura A.13– Armaduras da Laje do Piso 1.	49
Figura A.14 – Armaduras da Laje do Piso 2.	49

Índice de Quadros

Quadro 3.1– Mapa de armaduras nas lajes.	37
Quadro 3.2– Mapa de armaduras nas lajes.	38

1 INTRODUÇÃO

O presente relatório foi desenvolvido no âmbito do Curso de Mestrado em Engenharia Civil, especialização em Mecânica Estrutura, do Universidade de Coimbra.

Este relatório descreve o trabalho realizado em duas empresas durante um período de quatro meses (15 de março a 15 de julho de 2023).

1.1 Enquadramento

A primeira parte do estágio foi realizada na empresa *Hefei Institut for Public Safety Research* da *Tsinghua University* (<https://www.tsinghua-hf.edu.cn/>), de 15 de março a 15 de abril. O principal objetivo deste estágio era a realização de experiências na plataforma de monitorização da segurança de redes de infraestruturas urbanas. O principal foque seria a monitorização de uma ponte utilizando o modelo da ponte desenvolvido pelo instituto. No entanto, depois de um período de familiarização com o sistema, não lhe foram atribuídas quaisquer tarefas experimentais relevantes, pelo que foi necessário mudar de empresa.

Note-se, no entanto, que embora a investigação experimental não tenha sido realizada, durante o curto espaço de tempo na empresa, a observação do trabalho na sala de monitorização, a análise dos relatórios dos professores do instituto e dos dados experimentais anteriores da plataforma experimental, foram muito importantes para compreender como funciona uma plataforma de segurança de infraestruturas urbanas.

Assim, a segunda parte do estágio decorreu na Empresa *BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO., LTD* (<https://www.brdr.com.cn/>), de 20 de abril a 15 de julho. Neste caso, os objetivos do estágio consistiram: (i) na análise das principais diferenças entre os códigos sísmicos Chinês e Europeu; e (ii) no dimensionamento de um edifício residencial localizado na Arábia Saudita.

1.2 Estrutura de relatório

Este relatório de estágio está dividido em quatro capítulos:

1. No presente capítulo é feito um enquadramento do trabalho realizado e é apresentada a estrutura de todo o relatório de estágio;
2. No segundo capítulo é descrita a experiência do curto estágio na Empresa *HEFEI*

INSTITUTE FOR PUBLIC SAFETY RESEARCH, TSINGHUA UNIVERSITY, o qual contribuiu para a compreensão da utilização prática, no planejamento urbano, de um sistema para avaliação da segurança de redes de infraestruturas urbanas.

3. No terceiro capítulo é descrita a experiência do estágio realizado na empresa BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO., LTD, onde será apresentado o dimensionamento de um edifício residencial utilizando o software YJK, o qual é muito utilizado atualmente na China, na área de Engenharia Civil.
4. Por fim, no quarto capítulo, serão apresentadas as principais conclusões do estágio realizado.

2 VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DE INFRAESTRUTURAS URBANAS

2.1 Introdução

A primeira parte do estágio decorreu no Instituto *Tsinghua Hefei* da Universidade de Tsinghua, o qual compreende uma *Plataforma experimental de monitorização da segurança de pontes* no *Centro de Investigação da Segurança de Redes Urbanas*. O trabalho realizado neste centro teve uma duração de 4 semanas (15 de março a 15 de abril 2023).

O Instituto *Tsinghua Hefei* adere ao conceito de desenvolvimento sustentável para servir a construção de disciplinas de segurança de primeira classe na Universidade Tsinghua, e para apoiar o desenvolvimento da segurança urbana e a promoção de indústrias de segurança na província de Anhui e na cidade de Hefei.



Figura 2.1– Vista geral de Hefei Instituto for Public Safety Research. Tsinghua University

O Instituto Tsinghua Hefei possui o Laboratório Nacional de Engenharia de Combate a Incêndios e Resgate de Emergência, o Laboratório Principal de BIG Data e Inovação de Aplicações de Inteligência Artificial do Ministério da Gestão de Emergências, o Centro de Inovação Tecnológica de Anhui de Segurança de Infraestruturas Urbanas, o Laboratório Principal de Anhui, província Chinesa, de Ambiente de Catástrofes e Segurança Pessoal, e a Infraestrutura de Ciência e Tecnologia de Segurança Pública - Centro de Ciência de Catástrofes, que é o mais completo e o maior centro experimental de avaliação de riscos ambientais do mundo e o maior da Ásia.

O centro experimental é um centro científico nacional abrangente, localizado em Hefei, constituindo uma plataforma de investigação transfronteiriça e de inovação e transformação industrial.

2.2 Visão e missão

O Instituto Tsinghua Hefei alcançou uma série de desenvolvimentos inovadores, tendo aplicado esses desenvolvimentos, em grande escala, à segurança de redes urbanas, à segurança contra incêndios, à detecção inteligente, a novos materiais de segurança, à segurança do pessoal, à segurança ambiental, à inspeção e ensaios, à investigação técnica de catástrofes e acidentes, e à cultura e educação em matéria de segurança, tendo ainda sido responsável pela criação de 15 empresas.

2.3 Futuro

O Instituto Tsinghua Hefei está a ser expandido, tendo lançado a segunda fase de construção recentemente. Nesta nova expansão será criada a *cloud* nacional de segurança contra incêndios, a *cloud* de segurança industrial, o centro de monitorização de operações de segurança urbana, o centro de tecnologia de emergência, e a base de educação e formação em cultura de segurança. O objetivo desta expansão é a criação de uma base de ciência e educação de segurança pública e um centro de Investigação e Desenvolvimento para ajudar a cidade de Hefei a construir uma zona-piloto nacional de inovação tecnológica de segurança pública, constituindo uma área de demonstração de desenvolvimento da indústria de segurança pública, ou seja, uma área líder de cultivo de cultura de segurança pública.



Figura 2.2– Entrada do Instituto Hefei for Public Safety Research, Tsinghua University.

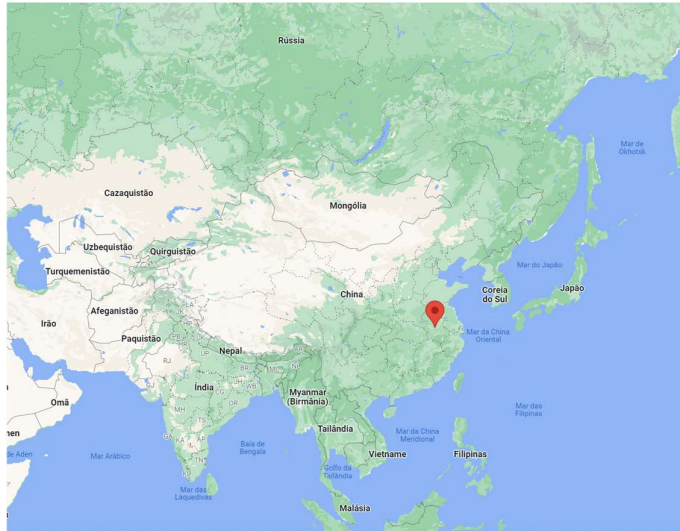


Figura 2.3– Localização do Instituto Hefei for Public Safety Research, Tsinghua University

2.4 Centro de Investigação de Segurança de Redes Urbanas

O centro de monitorização, ilustrado na Figura 1.4, é uma plataforma de monitorização das redes de infraestruturas da cidade, pertencente ao centro de investigação. Neste centro são monitorizadas três redes principais de infraestruturas urbanas: redes de distribuição de água, redes de distribuição de gás e redes de pontes.

O centro instalou vários sensores nestas três redes em cidades da província de Anhui e recolhe os dados no centro de monitorização para análise e alerta para os governos locais.



Figura 2.4– Centro de monitorização.

2.4.1 Rede de distribuição de gás

Ao longo de muitos anos de utilização, as condutas de gás podem desenvolver pequenos danos que são difíceis de detetar, mas que podem causar explosões subterrâneas.

Assim, o centro colocou vários sensores de fugas em locais críticos tais como lojas, restaurantes, centrais de produção de biogás, etc., para monitorizar os valores de concentração de gás. Em caso de explosão, o sistema permite igualmente criar o modelo da explosão e o raio da mesma, tal como ilustrado na Figura 1.5, para ajudar a mitigar o risco.

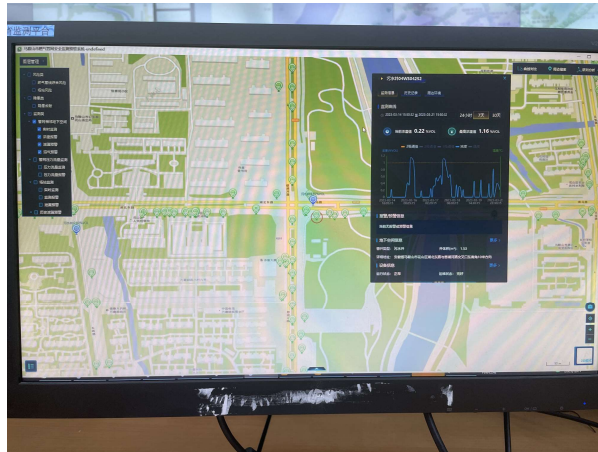


Figura 2.5– Monitorização da concentração de gás.

2.4.2 Rede de distribuição de água

As fugas de água nas redes de distribuição podem provocar o afundamento do solo e das estradas, bem como ruído para os residentes. Assim, os sensores colocados nestas redes monitorizam não só o caudal (ilustrado na Figura 1.6) e a pressão das condutas, mas também a queda de água e o ruído (o qual é verificado às 3 da manhã todos os dias).

Na cidade de Hefei, capital da província de Anhui, com uma população de 9 milhões de habitantes, existem cerca de 214 detetores que cobrem 739 km de condutas municipais.

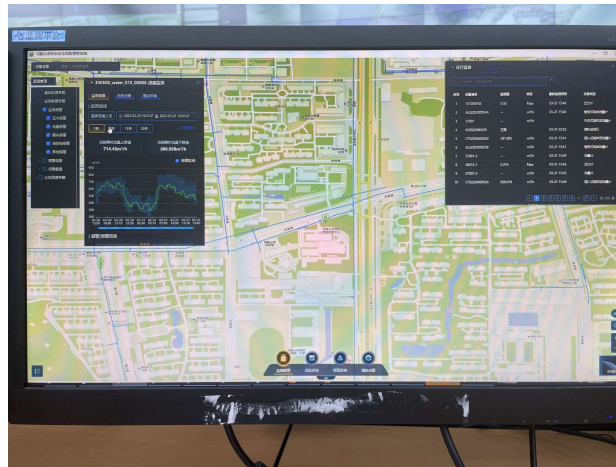


Figura 2.6– Monitorização do caudal da água

2.4.3 Redes de pontes

Através da tecnologia de detecção inteligente podemos obter informações em tempo real sobre a estrutura estática das vigas de pontes, a dinâmica estrutural, o ambiente e as cargas dos veículos, realizar a monitorização e a previsão em tempo real da resposta estrutural das pontes, compreender atempadamente os defeitos estruturais e a deterioração da qualidade, avaliar e analisar o seu possível desenvolvimento nas condições ambientais e os seus riscos potenciais para o funcionamento seguro da estrutura, e realizar a monitorização e a gestão de todo o ciclo de vida das estruturas das pontes.

Este tipo de monitorização permite evitar, por exemplo, fechar uma ponte numa situação de emergência para reparação, já que com base nos diferentes tipos de sensores, os operadores podem fechar a secção da ponte se não houver muitos danos na ponte, pelo que não se exercerá grande pressão sobre o trânsito.

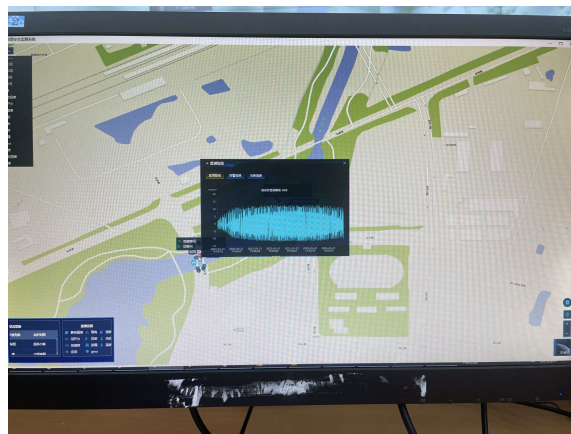


Figura 2.7– Monitorização da vibração de uma ponte.

2.5 Plataforma de monitorização da segurança de pontes

A Plataforma Experimental de Monitorização da Segurança de Pontes consiste num modelo à escala reduzida (1:25) de vários tipos estruturais de pontes e num modelo numérico de simulação das várias estruturas, o qual está ligado ao modelo físico através de vários sensores, constituindo um gémeo digital (*digital twin*).

Esta plataforma inclui seis tipos diferentes de pontes, incluindo vigas contínuas de betão e pontes atirantadas de grande vão constituindo um tabuleiro circular que pode suportar a passagem contínua de veículos até 7 toneladas para cargas dinâmicas e estáticas. Esta plataforma é apresentada nas Figuras 1.8 e 1.9.



Figura 2.8– Plataforma do modelo da ponte (1).



Figura 2.9– Plataforma do modelo da ponte (2).

Para exemplificar a utilização desta plataforma, nos parágrafos seguintes é descrito um exemplo de aplicação.

Neste exemplo de aplicação ilustra-se a situação relativa ao transporte noturno, no qual os camionistas frequentemente sobrecarregam os respetivos veículos, podendo assim conduzir a acidentes e a vários fenómenos de instabilidade e/ou ao colapso da ponte. Assim, o centro desenvolveu um novo equipamento de alerta precoce de acidentes, ilustrado na Figura 2.10.

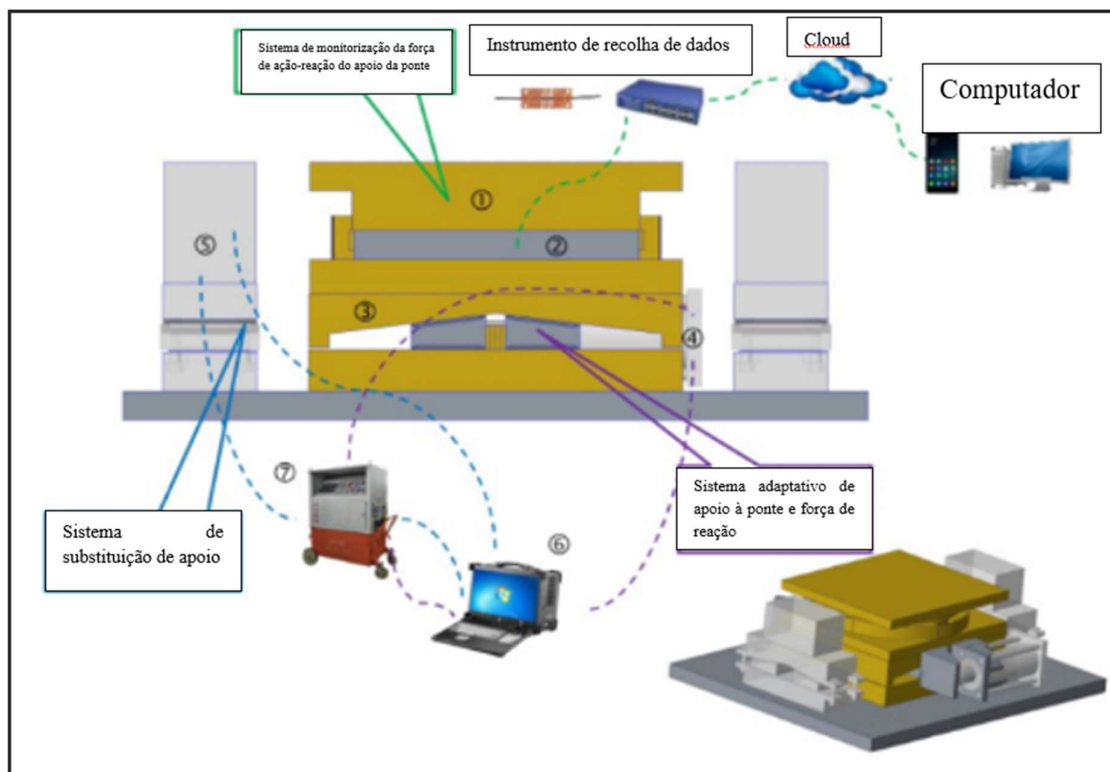


Figura 2.10 – Mapa das funções de Suporte inteligente de altura ajustável

Este equipamento tem como funções: i) aviso prévio de capotamento de veículos em pontes; ii) monitorização de assentamentos estruturais; e. iii) monitorização da sobrecarga de temperatura.

Durante o processo de desenvolvimento do equipamento, o grupo testou a viabilidade do instrumento através da sua montagem numa das pontes da plataforma indicada na Figura 2.8. A instalação do equipamento na ponte é ilustrada na Figura 2.11.



Figura 2.11– Suporte inteligente de altura ajustável (geração inicial)

Assim, a equipa de investigação realizou várias experiências na ponte (tal como indicado na Figura 2.12 e Figura 2.13), e através dos dados adquiridos das várias experiências, foi possível melhorar o produto inicial, obtendo-se um equipamento final fiável e rigoroso (ilustrado na Figura 2.14).

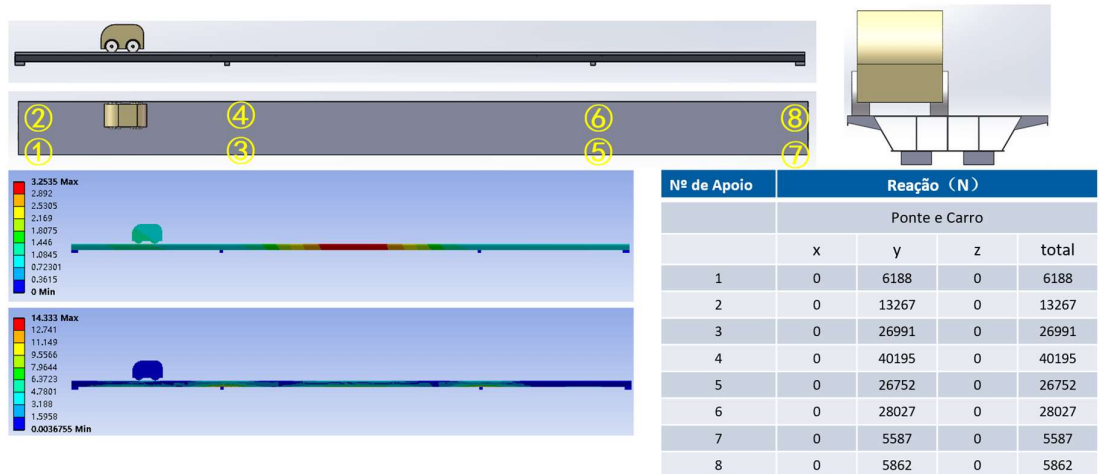


Figura 2.12– Veículo experimental de ponte com carga de enviesamento - Vão lateral

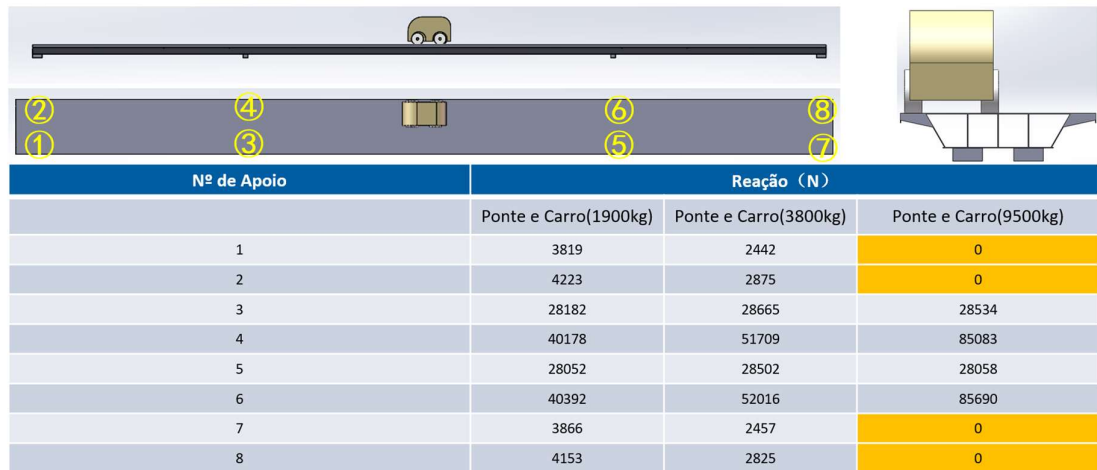


Figura 2.13– Veículo experimental de ponte com carga de enviesamento – Meio Vão



Figura 2.14– Suporte inteligente de altura ajustável (Versão final)

2.6 Resumo

A China nas últimas décadas tem tido um rápido desenvolvimento. No entanto, em períodos anteriores com dificuldades financeiras e devido à fraca base de construção na maior parte do país, muitos edifícios e pontes que não foram construídos de acordo com as normas, começaram a deteriorar-se. Este facto, juntamente com o baixo nível de sensibilização para a segurança entre a população, conduziu a uma série de incidentes em todo o país, como por exemplo, uma série de explosões de gás recentes em pequenos restaurantes ou o colapso de viadutos que resultaram num número significativo de mortos e feridos. Por conseguinte, uma plataforma de avaliação dos riscos de segurança e de alerta precoce baseada em redes 5G, constitui uma boa base para reduzir o risco de acidentes.

Infelizmente, no período relativo ao estágio não estavam programados quaisquer ensaios na plataforma de monitorização da segurança de pontes, pelo que houve a necessidade de encontrar outro local para a realização do mesmo. Este período foi, no entanto, importante para conhecer as instalações e reconhecer o potencial que o centro tem na segurança de redes urbanas.

3 PROJETO DE UM EDIFÍCIO

3.1 Introdução

A segunda parte do estágio decorreu na empresa BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO., LTD, em Beijing, que é uma empresa de projetos de engenharia civil. O trabalho realizado nesta empresa teve uma duração de aproximadamente 13 semanas (20 de março a 15 de julho 2023).

A BEIJING INSTITUTE OF RESIDENTIAL BUILDING DESIGN & RESEARCH CO., LTD é uma empresa nacional de conceção de edifícios ecológicos, de investigação dedicada à construção e de serviços de consultoria. Até à data, concluiu cerca de 1.509 projetos com uma área de construção de 47.29 milhões de metros quadrados, uma área de planeamento e conceção de 2.440 hectares, 166 projetos de investigação científica e participou na compilação de mais de 52 normas nacionais.

3.2 Projeto de um edifício

Depois da familiarização com os códigos chineses, o segundo objetivo desta segunda parte do estágio consistiu no projeto estrutural de um edifício com 3 pisos localizado na Arábia Saudita, com recurso ao software de cálculo estrutural YJK, o qual é descrito nos parágrafos seguintes.

3.2.1 Software de cálculo estrutural YJK

A conceção moderna da arquitetura e da engenharia não pode ser realizada sem o apoio de software. No entanto, devido às sanções dos EUA contra a China, o problema das deficiências tecnológicas da China é muito relevante, especialmente no que respeita a software de conceção industrial.

Contudo, nas últimas duas ou três décadas, o desenvolvimento nacional de software de construção cobriu quase completamente todo o país, e todos os tipos de edifícios que estão a ser construídos utilizam software nacional, sem exceção, para a verificação da resistência sísmica e ao vento, para a conceção das fundações profundas e para o cálculo das quantidades de aço e de betão.

O software para projeto estrutural de edifícios YJK, indicado na Figura 3.7, é uma das ferramentas chinesas de modelação e cálculo estrutural, o qual inclui um software de cálculo para estruturas de edifícios (YJK-A); um software de projeto de fundações (YJK-F); um software de projeto de estruturas de alvenaria (YJK-M); e um software para auxílio ao desenho estrutural (YJK-D). O software para projeto de estruturas em aço e as versões estrangeiras serão lançados num futuro próximo.



Figura 3.1– Software YJK.

3.2.2 Criação do modelo estrutural

O projeto estrutural foi feito com base nos desenhos de arquitetura fornecidos pelo projetista, os quais são apresentados nas Figuras 3.7 a 3.9.

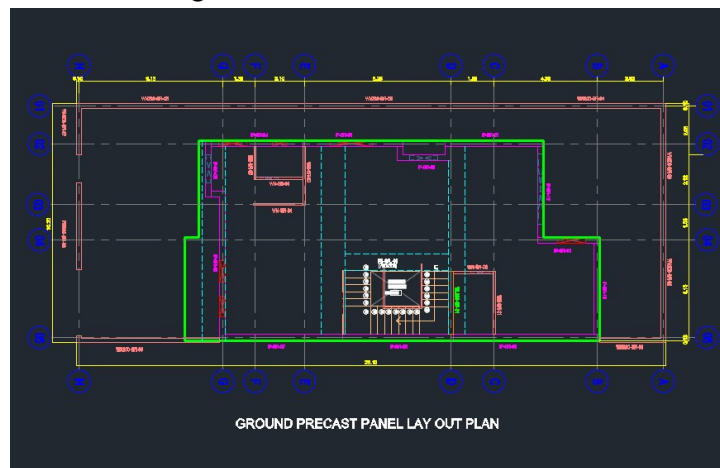


Figura 3.2 – Planta do piso 0.

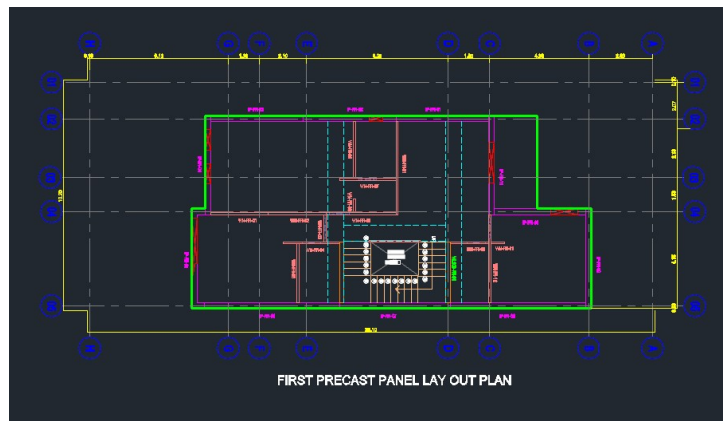


Figura 3.3– Planta do piso 1.

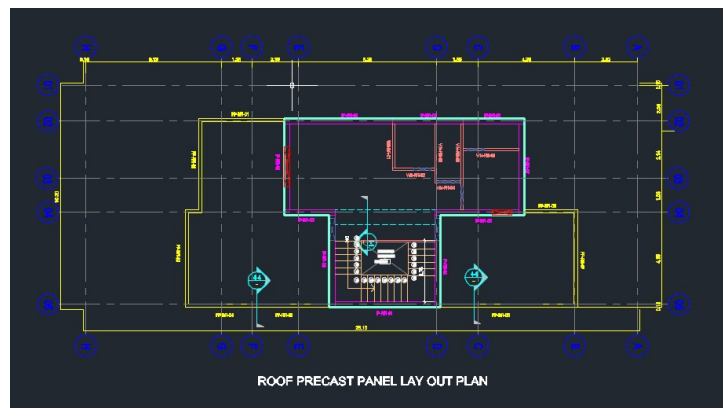


Figura 3.4– Planta do piso 2.

Depois, todos os dados do projeto de arquitetura foram introduzidos no ficheiro para o software YJK, tendo sido necessário identificar todas as componentes estruturais (por exemplo: paredes, vigas, etc.) para os 3 pisos, tal como exemplificado nas Figuras 3.10 e 3.11.

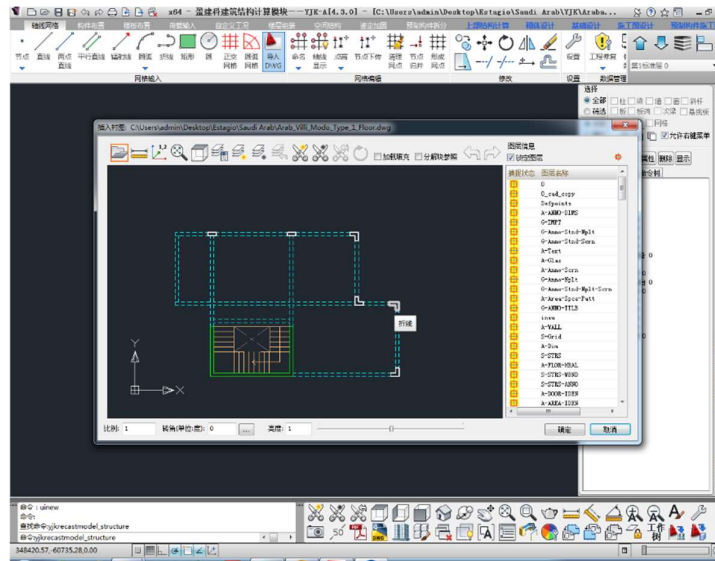


Figura 3.5– Definição de uma planta no software.

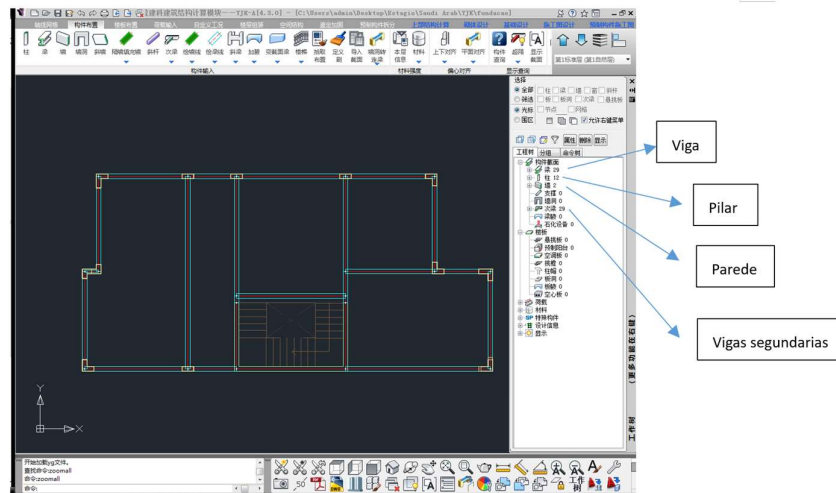


Figura 3.6– Identificação das componentes estruturais.

3.2.3 Materiais e códigos considerados

Os materiais e códigos utilizados no projeto estrutural foram os seguintes:

- (i) Materiais
 - Varões em aço da classe HRB400, que é muito parecida com a classe A400R em Portugal.
 - Betão C30 que é igual ao Betão 25/30 em Portugal.

- (ii) Códigos utilizados
- LOAD CODE FOR THE DESIGN OF BUILDING STRUCTURES (GB 50009-2012) (Cargas)
 - TECHNICAL SPECIFICATION FOR CONCRETE STRUCTURES WITH SPECIALLY SHAPED COLUMNS (JGJ 149-2107)
 - TECHNICAL SPECIFICATION FOR CONCRETE STRUCTURES OF TALL BUILDING (JGJ 3-2010)
 - CODE FOR DESIGN OF BUILDING FOUNDATION (GB 50007-2011)
 - CODE FOR DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES (GB 50010-2011)

3.2.4 Ações consideradas

Uma vez criado o modelo, foi necessário definir e caracterizar os elementos do edifício e as cargas aplicadas à estrutura.

Assim, as cargas consideradas foram as estipuladas pelos códigos LOAD CODE FOR THE DESIGN OF BUILDING STRUCTURES e TECHNICAL SPECIFICATION FOR CONCRETE STRUCTURES OF TALL BUILDING. No entanto, o próprio software YJK permite calcular as cargas para o edifício especificando apenas a utilização do mesmo. Assim, e como neste caso o edifício tinha apenas uma utilização, a residencial, foram consideradas as seguintes ações: carga permanente de 5 kN/m^2 e uma carga variável de 2 kN/m^2 . Além destas ações, foram também consideradas as ações do vento e do sismo, as quais são quantificadas automaticamente pelo programa em função da localização do edifício (tal como indicado na Figura 3.15).

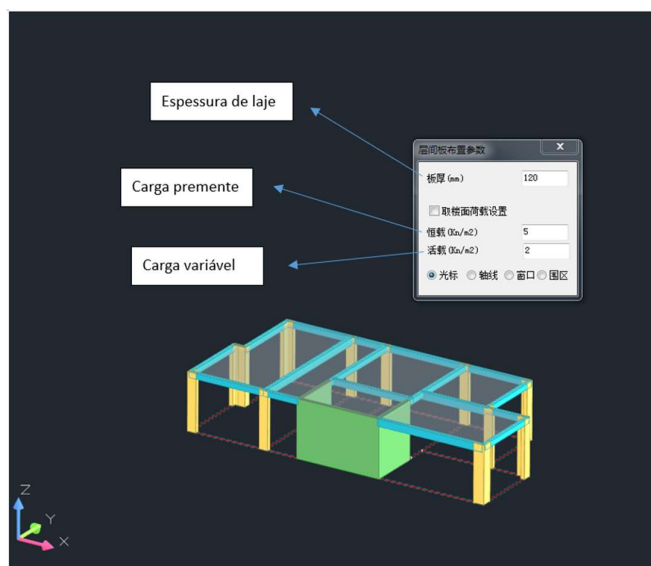


Figura 3.7– Definição das ações nas lajes.

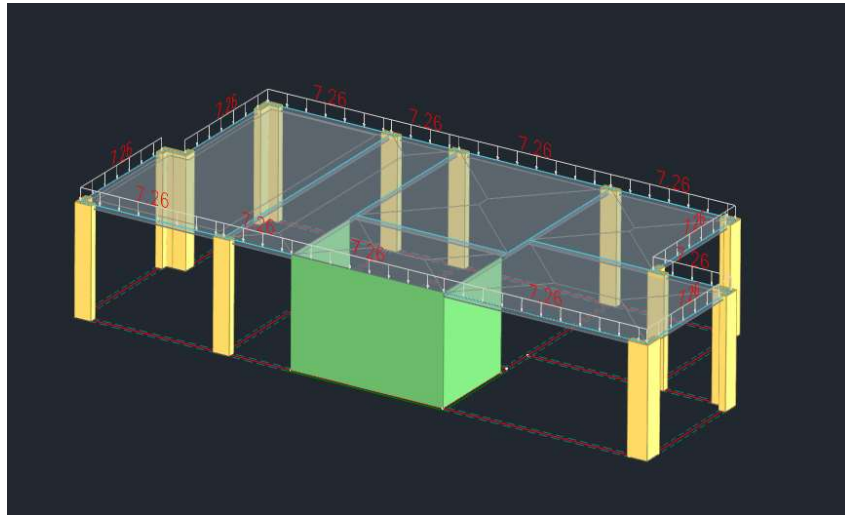


Figura 3.8– Definição das ações nas vigas.

A definição das ações foi feita para todos os pisos do edifício, tal como ilustrado na Figura 3.14.

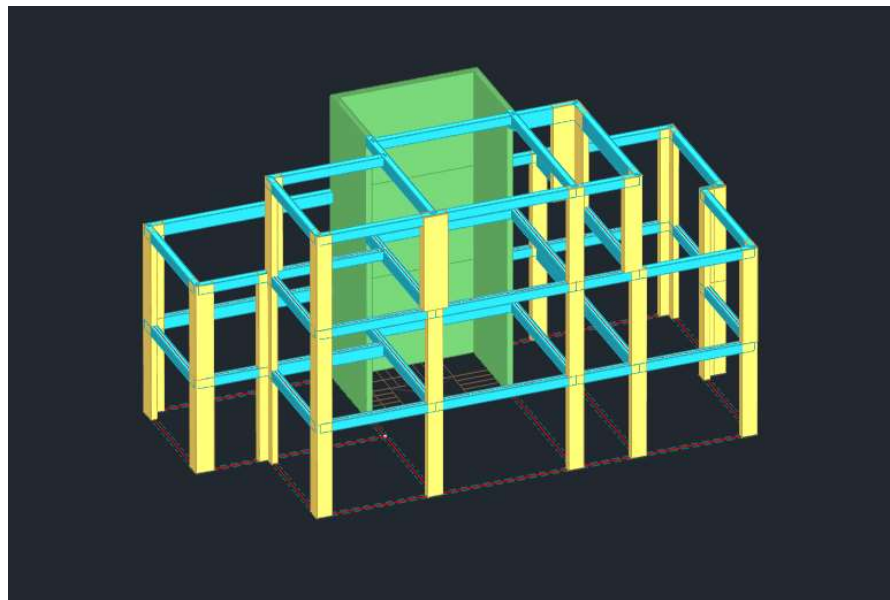


Figura 3.9– Edifício já com os três pisos.

3.2.5 Cálculo estrutural

Todos os parâmetros necessários para o pré-dimensionamento do edifício estão indicados na Figura 3.15 e são definidos nos parágrafos seguintes.

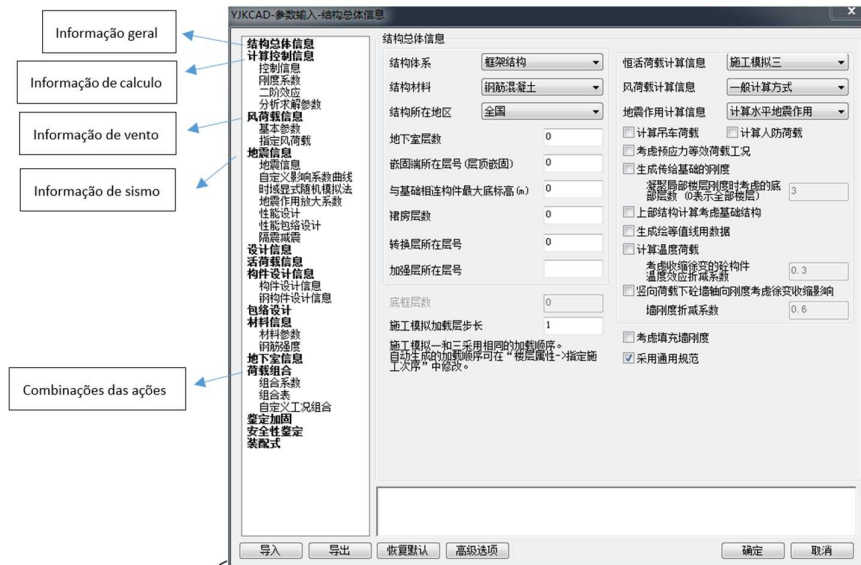


Figura 3.10– Parâmetros de cálculo.

- Na parte de “Informação geral”, foi necessário definir a sistema estrutural, materiais estruturais, localização, número de pisos, número de pisos em cave, forma da distribuição das cargas etc.
- Na parte de “Informação de calculo”, foi preciso definir a forma da distribuição das cargas, o coeficiente de rigidez das vigas, o qual permite aumentar a rigidez das vigas no cálculo para ter em consideração o efeito da laje.
- Nas partes de “Informação de vento” e “Informação de sismo”, foi necessário definir apenas as propriedades do edifício como altura e localização do edifício e a norma a cumprir, sendo que estas ações são calculadas de forma automática pelo programa, com já referido.

Os dados introduzidos na tabela da Figura 3.10, e que foram descritos nos parágrafos anteriores, são extremamente importantes para o dimensionamento do edifício de acordo com a norma chinesa, pelo que todo este processo foi devidamente acompanhado pelo orientador do estágio na empresa.

3.2.6 Verificação da segurança

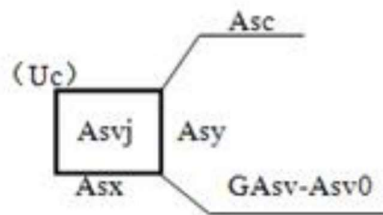
Após o cálculo estrutural, o programa fornece as quantidades de armaduras necessárias para a verificação da segurança dos vários elementos estruturais.

No entanto, para os elementos estruturais que não verificam a segurança, são indicadas mensagens em cor vermelha, sendo necessário aumentar a seção transversal de tais elementos.

Exemplo ilustrativo da verificação estrutural:

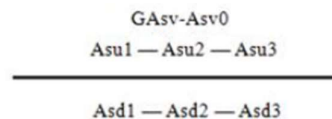
i. Informação fornecida pelo programa para os vários elementos estruturais

a. Pilar



- Asc: Área das armaduras de canto simples (cm²);
- Asx, Asy: Área da armadura num lado dos lados B e H do pilar, respetivamente, incluindo as duas armaduras de canto (cm²);
- GAsv, Asv0: Área de estribos (Lado e centro) (cm²);
- Asvj: Área de estribos no nó
- Uc: Rácio Compressão

b. Viga



- GAsv, Asv0: Área de estribos (Lado e centro) (cm²);
- Asu1, Asu2, Asu3: Área máxima de armadura superior na extremidade esquerda, a meio do vão e na extremidade direita da viga (cm²) ;
- Asd1, Asd2, Asd3: Área máxima de armadura inferior na extremidade esquerda, a meio do vão e na extremidade direita da viga (cm²) ;

ii. Elementos estruturais que não verificam a segurança

Os elementos estruturais que não verificam a segurança estão indicados a vermelho na Figura 3.11.

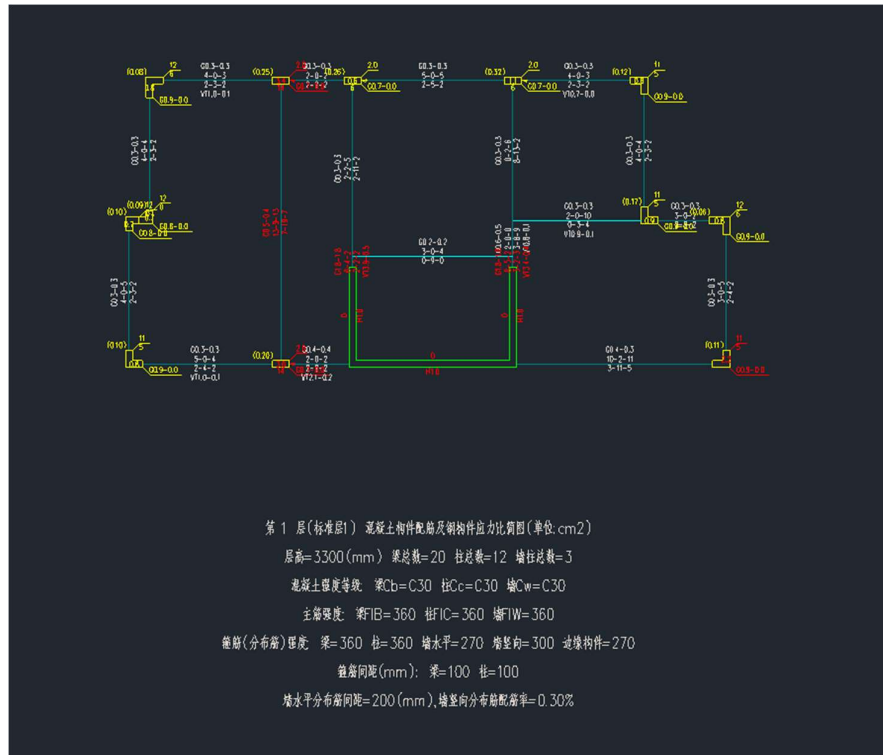


Figura 3.11-Verificação dos elementos que não verificam a segurança

a. Exemplo de Pilar que não está em segurança



Figura 3.12-Exemplo de Pilar que não está em segurança

As seções que têm cor vermelha indicam que não verificam o cumprimento das normas. Neste caso, são ainda apresentadas todas as informações relativas à verificação das seções e respectivos incumprimentos.

柱信息	
一、几何材料	
Informações Geométrica de Pilares	
1. 层号	IST = 1
2. 构件编号	ID = 8
3. 构件全楼编号	TotID= 1000032
4. 上节点号	J1 = 1000002
5. 下节点号	J2 = 8
6. 构件属性信息	砼柱 C30 矩形
7. 长度X (m)	LCX = 3.30
8. 长度Y (m)	LCY = 3.30
9. 截面参数	(1)B*H(mm)=500*200
10. 保护层厚度 (mm)	Cov = 20
11. 箍筋间距 (mm)	SS = 100
12. 混凝土强度等级	RC = 30.0
13. 钢号	STL =
14. 主筋强度 (N/mm ²)	FYI = 360.0
15. 箍筋强度 (N/mm ²)	FYJ = 360.0
16. 抗震措施的抗震等级	NF = 2
17. 抗震构造措施的抗震等级	NF_GZ = 2
18. 计算长度系数	CX = 1.00
19. 计算长度系数	CY = 1.00
20. 内力计算截面数	nSect1= 2
21. 配筋计算截面数	nSect2= 2
* 以下输出信息的单位:	*
* 轴力和剪力为 kN, 弯矩为 kN.m	*
* 钢筋面积为 mm ²	*

Figura 3.13-Informação Geométrica de Pilar

A figura em cima é a primeira parte das informações de peça, são Informações Geométrica de Pilares:

1. N° de Piso
2. N° de Peça
3. N° de Prédio
4. N° de Node 1
5. N° de Node 2
6. Geométrica de Peça (Pilar de Betão C30 Retângulo)
7. Comprimento X
8. Comprimento Y
9. Parâmetros de seção
10. Espessura do revestimento
11. Espaçamento das armaduras
12. Classe de betão
13. Classe de aço
14. Resistência de armadura
15. Resistência de estribos
16. Classificação sísmica
17. Classificação estrutural sísmica
18. Fator de comprimento X
19. Fator de comprimento Y
20. Número de secções para o cálculo de esforço
21. Número de secções para o cálculo de armadura

四、荷载组合分项系数说明

荷载组合分项系数说明，其中：

Ncm --- 组合号

V-D, V-L --- 分别为恒载、活载分项系数

+X-W, -X-W --- 分别为X正负方向水平风荷载分项系数

+Y-W, -Y-W --- 分别为Y正负方向水平风荷载分项系数

X-E, Y-E --- 分别为X向、Y向水平地震荷载分项系数

Z-E --- 竖向地震荷载分项系数

R-F --- 人防荷载分项系数

TEM --- 温度荷载分项系数

CRN --- 吊车荷载分项系数

Ncm	V-D	V-L	+X-W	-X-W	+Y-W	-Y-W	X-E	Y-E	Z-E	R-F	TEM	CRN
1	1.30	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2	1.00	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3	1.30	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4	1.30	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--
5	1.30	--	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--
6	1.30	--	--	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--
7	1.30	1.50	0.90	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	1.30	1.50	--	0.90	--	--	--	--	--	--	--	--
9	1.30	1.50	--	--	0.90	--	--	--	--	--	--	--
10	1.30	1.50	--	--	--	0.90	--	--	--	--	--	--
11	1.30	1.05	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	1.30	1.05	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--
13	1.30	1.05	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--
14	1.30	1.05	--	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--
15	1.00	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--
16	1.00	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--
17	1.00	--	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--
18	1.00	--	--	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--
19	1.00	1.50	0.90	--	--	--	--	--	--	--	--	--
20	1.00	1.50	--	0.90	--	--	--	--	--	--	--	--
21	1.00	1.50	--	--	0.90	--	--	--	--	--	--	--
22	1.00	1.50	--	--	--	0.90	--	--	--	--	--	--
23	1.00	1.05	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--	--
24	1.00	1.05	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--	--
25	1.00	1.05	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--	--
26	1.00	1.05	--	--	--	1.50	--	--	--	--	--	--
27	1.30	0.65	--	--	--	--	1.40	--	--	--	--	--
28	1.30	0.65	--	--	--	--	-1.40	--	--	--	--	--
29	1.30	0.65	--	--	--	--	--	1.40	--	--	--	--
30	1.30	0.65	--	--	--	--	--	-1.40	--	--	--	--
31	1.00	0.50	--	--	--	--	1.40	--	--	--	--	--
32	1.00	0.50	--	--	--	--	-1.40	--	--	--	--	--
33	1.00	0.50	--	--	--	--	--	1.40	--	--	--	--
34	1.00	0.50	--	--	--	--	--	-1.40	--	--	--	--

Figura 3.14-Informações das Combinações

Esta parte mostra as combinações das ações da peça, em que:

- **Ncm** --- número da combinação
- **V-D, V-L** --- carga permanente e de carga variável
- **+X-W, -X-W** --- coeficientes de carga de vento horizontal para direções positivas e negativas de X
- **+Y-W, Y-W** --- Coeficientes de carga sísmica horizontal para as direções X e Y
- **Z-E** --- Coeficientes de carga sísmica vertical
- **R-F** --- Coeficientes de carga de defesa aérea civil
- **TEM** --- Coeficientes de carga de temperatura
- **CRN** --- Coeficientes de carga de grua

三、构件设计验算信息

brc --- 薄弱层调整系数, 大于1时输出
 jzx, jzy --- X、Y向最小剪重比调整系数, 大于1时输出
 jzz --- 竖向地震作用调整系数, 大于1时输出
 02vx, 02vy --- X、Y向0.2V0调整系数, 大于1时输出
 zh --- 水平转换构件地震作用调整系数, 大于1时输出
 xfc --- 消防车荷载折减系数
 livec --- 柱、墙活荷载按楼层折减系数
 kzzx, kzzy --- 框支柱地震作用调整系数
 kzzn --- 转换柱轴力调整系数
 zcn --- 贮仓支柱轴力调整系数
 vcoex, vcoey --- 柱剪力系数, 在特殊构件中定义, 大于1时输出
 cq --- 柱冲切验算时不平衡弯矩地震放大系数
 zps --- 装配式结构中竖向构件地震内力放大系数
 zpseam --- 预制构件接缝验算时的受剪承载力增大系数
 η_{mu} , η_{vu} , η_{md} , η_{vd} --- 柱、墙顶、底的强柱弱梁、强剪弱弯调整系数
 Ω --- 性能系数
 Ω_{min} --- 耗能构件性能系数最小值
 β_e --- 性能系数的调整系数

 Cx, Cy --- 分别为X、Y向计算长度系数
 λ_c --- 柱剪跨比, 非简化方法计算时输出对应的设计内力
 Rs --- 全截面配筋率, 上下端取大值 (As/Ac)
 Rsv --- 体积配筋率 (Vz/Vc)
 Uc --- 轴压比 (N/Ac/fc)
 Nu --- 控制轴压比的轴力 (kN)
 Uc_G --- 控重力荷载代表值计算的轴压比 (N/Ac/fc)
 Nu_G --- 重力荷载代表值下的轴力 (kN)
 Asc --- 矩形截面单根角筋面积 (mm²)
 Asxt, Asxb --- 矩形截面B边上、下端单边配筋面积 (含两根角筋) (mm²)
 Asyt, Asyb --- 矩形截面H边上、下端单边配筋面积 (含两根角筋) (mm²)
 Asxt0, Asxb0 --- 矩形截面B边上、下端单边计算配筋面积 (含两根角筋) (mm²)
 Asyt0, Asyb0 --- 矩形截面H边上、下端单边计算配筋面积 (含两根角筋) (mm²)
 Ast, Asb --- 圆截面上下端全截面配筋面积 (mm²)
 Aszt, Aszb --- 异型截面柱角部上下端的固定配筋面积之和 (mm²)
 Asft, Asfb --- 异型截面柱上下端分布配筋面积之和 (mm²)
 Asvx, Asvx0 --- 矩形截面沿B边方向加密区和非加密区箍筋面积 (mm²)
 Asvy, Asvy0 --- 矩形截面沿H边方向加密区和非加密区箍筋面积 (mm²)
 Asv, Asv0 --- 圆截面或异型截面柱加密区和非加密区箍筋面积 (mm²)
 Asvp, Asvp0 --- 单侧一个梁箍筋间距内的抗冲切箍筋面积 (mm²)
 N, Mx, My --- 矩形柱、圆柱、异型柱纵向钢筋配筋控制内力 (kN, kN-m)
 N, Vx, Vy --- 矩形柱、圆柱、异型柱箍筋的配筋控制内力 (kN)
 Asvjx, Asvjy --- 柱节点沿B边或H边的箍筋面积 (mm²)
 Nj, Vjx, Vjy --- 节点域箍筋Asvjx、Asvjy的控制内力 (kN)
 注: 柱箍筋是指节点间距范围内的箍筋面积
 ρ_{st1} , ρ_{st1min} , ρ_{st1max} --- 含钢率、含钢率最小值以及含钢率最大值
 CB_XF, CB_YF --- 投影到整体坐标系下的X、Y向抗剪承载力 (kN)
 F1 --- 柱冲切计算时的等效冲切力 (kN)

Figura 3.15-Informações de concepção de Pilar

A figura em cima mostra as informações de informações sobre a concepção e o cálculo dos componentes:

- **brc** --- Fator de ajustamento para camadas fracas, a produzir se for superior a 1
- **jzx, jzy** --- Fator de ajustamento para a relação de corte mínima nas direções X e Y, a produzir quando superior a 1
- **jzz** --- Fator de ajustamento para a sismicidade vertical, a produzir quando superior a 1
- **02vx, 02vy** --- Fator de ajustamento de 0,2V0 para as direções X e Y, indicado quando superior a 1
- **zh** --- Fator de ajustamento da barra de transição horizontal para efeito sísmico, indicado quando superior a 1
- **xfc** --- Fator de redução para cargas de incêndio
- **livec** --- coluna, parede carga viva de acordo com o fator de desconto do pavimento
- **kzzx, kzzy** --- fator de ajustamento da força sísmica da coluna da estrutura
- **kzzn** --- fator de ajustamento da força axial da coluna de conversão
- **zcn** --- fator de ajustamento da força axial da coluna do silo de armazenagem
- **vcoex, vcoey** --- coeficientes de cisalhamento do pilar, definidos em

elementos especiais, saída quando superior a 1

- **cq** --- fator de amplificação sísmica para momentos desequilibrados no cálculo do cisalhamento do pilar
- **zps** --- fator de amplificação sísmica da força interna para elementos verticais em estruturas montadas
- **zps_{eam}** --- Fator de ampliação da capacidade de corte para verificação de juntas de elementos pré-fabricados
- **$\eta_{mu}, \eta_{yu}, \eta_{md}, \eta_{vd}$** --- Coeficientes de ajustamento para pilares fortes e vigas fracas, corte forte e flexão fraca no topo e na base de pilares e paredes
- **Ω** --- Fator de desempenho
- **Ω_{min}** --- valor mínimo do coeficiente de desempenho dos componentes que **consomem** energia
- **β_e** --- fator de ajustamento do coeficiente de desempenho
- **C_x, C_y** --- coeficientes de comprimento calculados em X, Y, respetivamente
- **λ_c** --- relação do vão de corte do pilar, método não simplificado de cálculo da produção correspondente ao dimensionamento da força interna
- **R_s** --- taxa de armadura da secção transversal completa, extremidades superior e inferior do maior valor (A_s/A_c)
- **R_{sv}** --- volume da taxa de aro (V_s/V_c)
- **U_c** --- relação de compressão axial ($N/A_c/f_c$)
- **N_u** --- Força axial que controla a ratio de pressão axial (kN)
- **U_{c_G}** --- Ratio de compressão axial no valor representativo da carga de gravidade ($N/A_c/f_c$)
- **N_{u_G}** --- Força axial no valor representativo da carga de força gravitacional (kN)
- **A_{sc}** --- Área de uma armadura de canto simples em secção retangular (mm²)
- **A_{sxt}, A_{sxb}** --- Área de uma armadura simples nas extremidades superior e inferior do lado B da secção retangular (com duas barras de canto) (mm²)
- **A_{syt}, A_{syb}** --- Área de uma armadura simples nas extremidades superior e inferior do lado H da secção retangular (com duas barras de canto) (mm²)
- **A_{sxt0}, A_{sxb0}** --- Área da armadura simples nas extremidades superior e inferior do lado B da secção retangular (incluindo duas barras de canto) (mm²)
- **A_{syt0}, A_{syb0}** --- Área da armadura simples nas extremidades superior e inferior do lado H da secção retangular (incluindo duas barras de canto) (mm²)
- **A_{st}, A_{sb}** --- Área da armadura de secção completa nas extremidades superior e inferior da secção circular (mm²)
- **A_{szt}, A_{szb}** --- soma das áreas de armadura fixa nas extremidades superior e inferior dos cantos dos pilares de secção perfilada (mm²)
- **A_{sft}, A_{sfb}** --- soma das áreas de armadura distribuída nas extremidades

- *superior e inferior dos pilares de secção perfilada (mm²)*
- **Asvx, Asvx0** --- Área das zonas densas e não densas da armadura de arco em secção retangular ao longo da direção B (mm²)
- **Asvy, Asvy0** --- Área das zonas densas e não densas da armadura de arco em secção retangular ao longo da direção H (mm²)
- **Asv, Asv0** --- Área zonas densas e não densas da armadura de arco em pilar com secção transversal circular ou perfilada (mm²)
- **Asvp, Asvp0** --- Área da armadura de punçoamento dentro de um espaçamento do aro da viga de um lado (mm²)
- **N, Mx, My** --- Armadura longitudinal de pilares rectangulares, pilares circulares e pilares em balanço (kN, kN-m)
- **N, Vx, Vy** --- Controlo da armadura em pilares rectangulares, louros circulares e pilares perfilados (kN)
- **Asvjsx, Asvjy** --- Área da armadura de arco nos nós do pilar ao longo do lado B ou do lado H (mm²)
- **Nj, Vjx, Vjy** --- domínio do nó do aro Asvjsx, Asvjy controlo da força interna (kN) Nota: o aro do pilar refere-se ao intervalo de espaçamento unitário da área do aro
- **Pstl, PstlMin, PstlMax** --- teor de aço, teor de aço mínimo e teor de aço máximo
- **CB_XF, CB_YF** --- projetado para o sistema de coordenadas global da capacidade de corte X, Y (kN)
- **F1** --- força de corte equivalente no cálculo do corte do pilar (kN)

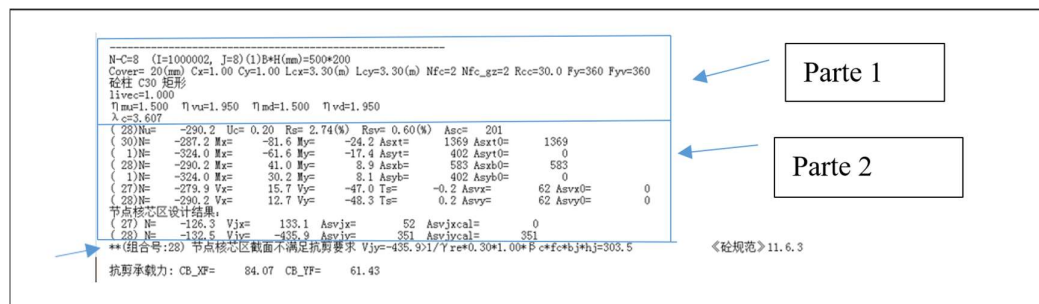


Figura 3.16-Informções dos resultados do Pilar

A última parte das informações são os resultados, a primeira parte são as características da peça e a segunda parte é os reforços mais condicionantes com o número da combinação em frente.

Assim, o programa indica uma mensagem de erro, tal como “De acordo com 11.6.3 de <CODE FOR DESIGN OF CONCRETE STRUSTURES>, o esforço vertical do nó da combinação 28 é superior à capacidade máxima da secção”. Neste caso, a solução seria aumentar a secção transversal da coluna.

b. Exemplo de Viga que não está em segurança

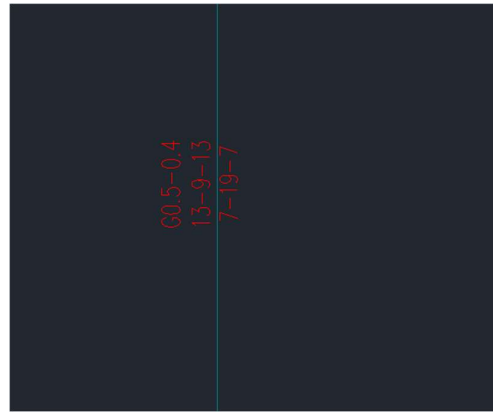


Figura 3.17-Exemplo de Viga que não está em segurança

Verifica se as informações da viga é como a mesma situação em cima.

```

-----
N-B=16 (I=1000002, J=1000012)(1)E*H(mm)=200*300
Lb=8.30(m) Cover= 20(mm) Nfb=2 Nfb_gz=2 Rcb=30.0 Fy=360 Fyv=360
砼梁 C30 框架梁 调幅梁 矩形
livec=1.000 stif=2.000 stif_w=2.000 stif_s=2.000 tf=0.850 nj=0.400
ηv=1.200
-M(kNm) -1- -2- -3- -4- -5- -6- -7- -8- -9-
LoadCase ( 7) ( 0) ( 0) ( 0) ( 0) ( 0) ( 0) ( 0) ( 1)
Top Ast 1310 0 270 691 887 698 270 0 1288
% Steel 2.82 0.00 0.58 1.49 1.91 1.50 0.58 0.00 2.77
+M(kNm) 0 45 78 107 120 107 78 45 0
LoadCase ( 0) ( 0) ( 0) ( 7) ( 7) ( 7) ( 0) ( 0) ( 0)
Btm Ast 656 564 1228 1650 1845 1657 1228 564 634
% Steel 1.41 1.09 2.64 3.55 3.97 3.56 2.64 1.09 1.36
V(kN) 96 76 43 26 1 -25 -42 -76 -96
LoadCase ( 7) ( 7) ( 28) ( 7) ( 28) ( 1) ( 27) ( 1) ( 1)
Asv 48 27 22 22 22 22 22 26 48
Rsv 0.24 0.13 0.11 0.11 0.11 0.11 0.11 0.13 0.24
非加密区箍筋面积: 36
**上截面, 位置:1 最大配筋率超限 2.82%>2.75% <<高规>> 6.3.3
**上截面, 位置:9 最大配筋率超限 2.77%>2.75% <<高规>> 6.3.3
    
```

Figura 3.18- Informações dos resultados da Viga

Neste caso, o erro é “De acordo do 6.3.3 do <TECHNICAL SPECIFICATION FOR CONCRETE STRUCTURES OF TALL BUILDING>, A taxa da armadura da posição 1 e 9 (Dois lados externos) está maior do que máximo.” Assim, seria também necessário aumentar a secção transversal da viga.

3.2.7 Dimensionamento das fundações

As fundações são dimensionadas em função das características do solo. O programa indica as dimensões das sapatas e as armaduras necessárias para a verificação das fundações dos pilares do edifício, tal como ilustrado na Figura 3.19.

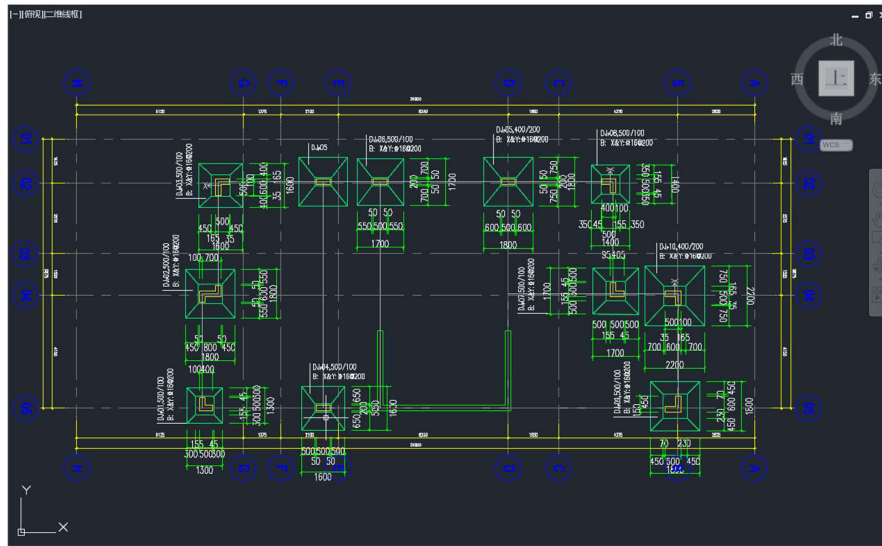


Figura 3.19-Armaduras das Fundações

3.2.7 Peças desenhadas do projeto

Após o dimensionamento de todos os elementos estruturais, foi necessário produzir todas as peças desenhadas do projeto. Neste caso, os desenhos foram efetuados de acordo com a norma 2G101-1, parte *DESENHOS DE CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO REGRAS DE DESENHO E PORMENORES DE CONSTRUÇÃO PARA REPRESENTAÇÃO DE PLANOS GERAIS* do *DESENHOS DE NORMAS NACIONAIS DE CONSTRUÇÃO*. As peças desenhadas são apresentadas em anexo.

3.2.8 Mapa das quantidades

Após a realização do cálculo, procedeu-se à execução dos mapas das quantidades, tal como indicado no Quadro 3.3. e Quadro 3.4, para as lajes.

Quadro 3.1– Mapa de armaduras nas lajes.

Quantidade de armaduras nas lajes								
Piso	Área da Laje (m ²)	HRB400					Total(kg)	Área Unitária (kg/m ²)
		6	8	10	12	16		
Piso 0	138.11	177.7	762.24	370.0			1310.050	9.485
Piso 1	138.11	177.7	624.79	324.6	45.81	193.0	1366.020	9.891
Piso 3	69.45	88.98	358.22	54.85	104.0		606.140	8.728
Total	345.67	444.4	1745.2	749.5	149.9	193.0	3282.210	9.495
		3282.210						

Quadro 3.2– Mapa de armaduras nas lajes.

Piso	Área da Laje(m2)	Tipo da armadura	Quantidade das Armaduras												Total(kg)	Área Unitária(kg/m2)	
			HRB400														
			6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32			
Piso 1	138.11	Armadura superior longitudinal			6.444	23.098	31.269	91.352	23.599	25.064	41.408	41.005				283.239	2.051
		Armadura inferior longitudinal			4.341	64.835	45.395	74.794	35.561	115.000	72.284	72.611				484.822	3.510
		Estribos	75.693	59.765												135.458	0.981
		Cintas				29.367										29.367	0.213
		Estribos Adicional		2.442												2.442	0.018
Piso 2	138.11	Armadura superior longitudinal			6.814		1.927	163.177	64.797	20.435	76.079					333.229	2.413
		Armadura inferior longitudinal					39.136	132.049	42.456		84.611	75.912				374.164	2.709
		Estribos	102.868													102.868	0.745
		Cintas				7.942										7.942	0.058
		Estribos Adicional	1.527													1.527	0.011
Piso 3	69.45	Armadura superior longitudinal						92.236	86.249	8.151	29.389	9.081				225.106	3.241
		Armadura inferior longitudinal					19.001	59.775	21.193	39.834	130.173	34.173		47.025		351.173	5.057
		Estribos	63.379		1.824											65.203	0.939
		Cintas				23.372										23.372	0.337
		Estribos Adicional	0.450													0.450	0.006
Total	345.67	Total	250.033	62.207	15.081	88.121	156.169	583.984	313.089	129.045	476.659	232.455	72.611	47.025	2426.479	7.020	

3.2.9 Síntese do projeto de edifício

Este projeto, sendo muito semelhante ao Projeto de Edifício e Fundações realizado no último ano do curso, não foram encontradas muitas dificuldades na sua realização. A parte mais complexa foi a aprendizagem do novo software de dimensionamento e a utilização dos códigos chineses, os quais não tinham sido utilizados ao longo do curso.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório teve como objetivo principal descrever o estágio realizado entre abril e julho de 2023, em Hefei e em Beijing, na China. Este período foi muito gratificante na medida em que permitiu conhecer novas amizades e orientadores, os quais ajudaram na realização dos trabalhos e no planejamento da carreira futura.

Durante a experiência em Hefei, foram aprendidos conceitos relativos à aplicação da engenharia civil na vida real, tendo-se demonstrado como uma direção viável para experiências futuras.

Na execução do projeto de edifício em Beijing, sendo muito semelhante ao Projeto de Edifício e Fundações realizado no último ano do curso, não foram encontradas muitas dificuldades na execução do trabalho. A parte mais complexa revelou-se na aprendizagem do novo software de dimensionamento e na utilização dos códigos chineses, que nunca tinham sido utilizados ao longo do curso.

Por fim, reconhece-se que este trabalho tem algumas lacunas devido ao nível de conhecimentos, às fracas competências de redação em português e às prioridades do tempo de investigação. A falta de familiaridade com novos softwares e novos ambientes, bem como a insuficiente ligação entre teoria e prática, conduziram também a estas limitações.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

22G101-1. “DESENHOS DE CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO REGRAS DE DESENHO E PORMENORES DE CONSTRUÇÃO PARA REPRESENTAÇÃO DE PLANOS GERAIS do DESENHOS DE NORMAS NACIONAIS DE CONSTRUÇÃO”. China Institute of Building Standard Design & Research

EN 1998-1 (2004). “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings”. CEN, Brussels.

GB 50007-2011. “CODE FOR DESIGN OF BUILDING FOUNDATION”. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China.

GB 50009-2012. “LOAD CODE FOR THE DESIGN OF BUILDING STRUCTURES”. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China.

GB 50010-2011. “CODE FOR DESIGN OF CONCRETE STRUCTURES”. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China.

GB 50011—2010. “CODE FOR SEISMIC DESIGN OF BUILDINGS”. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China.

JGJ 149-2107. “TECHNICAL SPECIFICATION FOR CONCRETE STRUCTURES WITH SPECIALLY SHAPED COLUMNS”. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China.

JGJ 3-2010. “TECHNICAL SPECIFICATION FOR CONCRETE STRUCTURES OF TALL BUILDING”. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People’s Republic of China.

ANEXO – Peças desenhadas

Neste anexo são apresentadas todas as peças desenhadas do edifício. No entanto, note-se que estes desenhos, por não terem sido aprovados pelo coordenador do projeto, não são os desenhos oficiais do projeto.

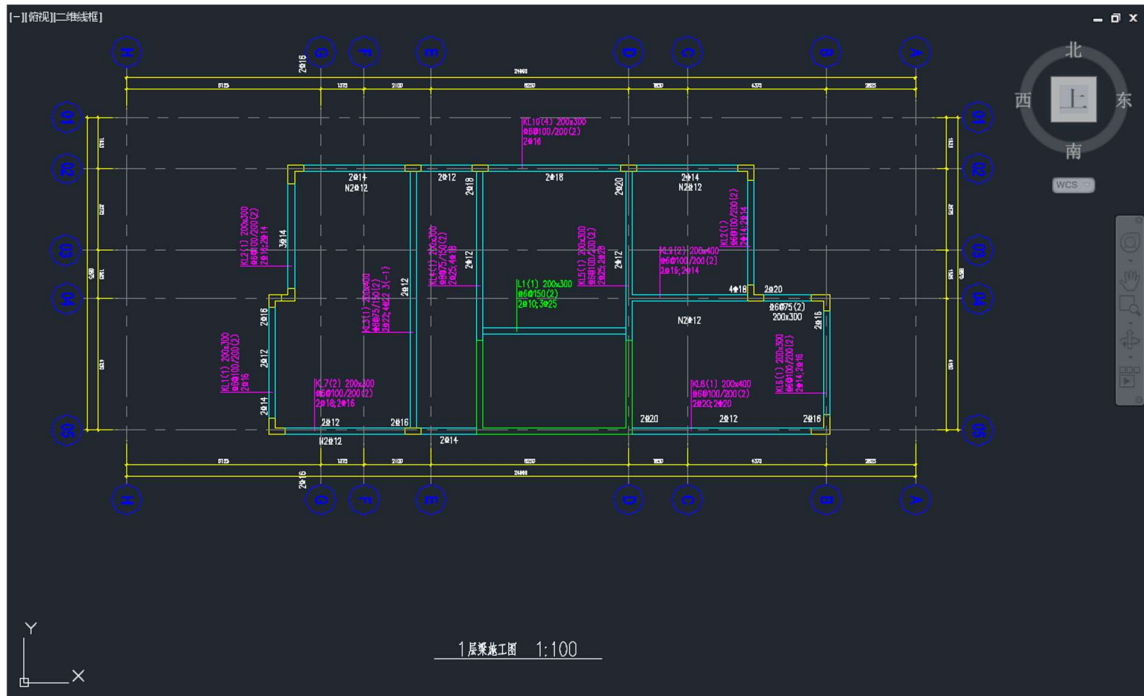


Figura A.1– Armaduras das Vigas do Piso 0.

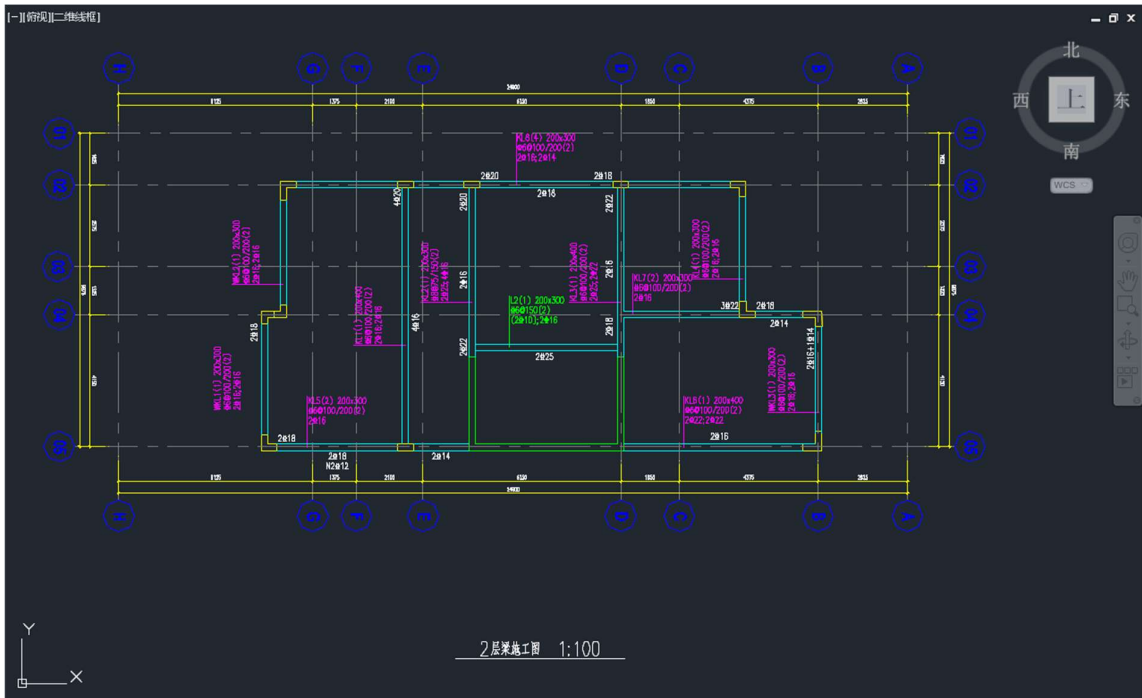


Figura A.2– Armaduras das Vigas do Piso 1.

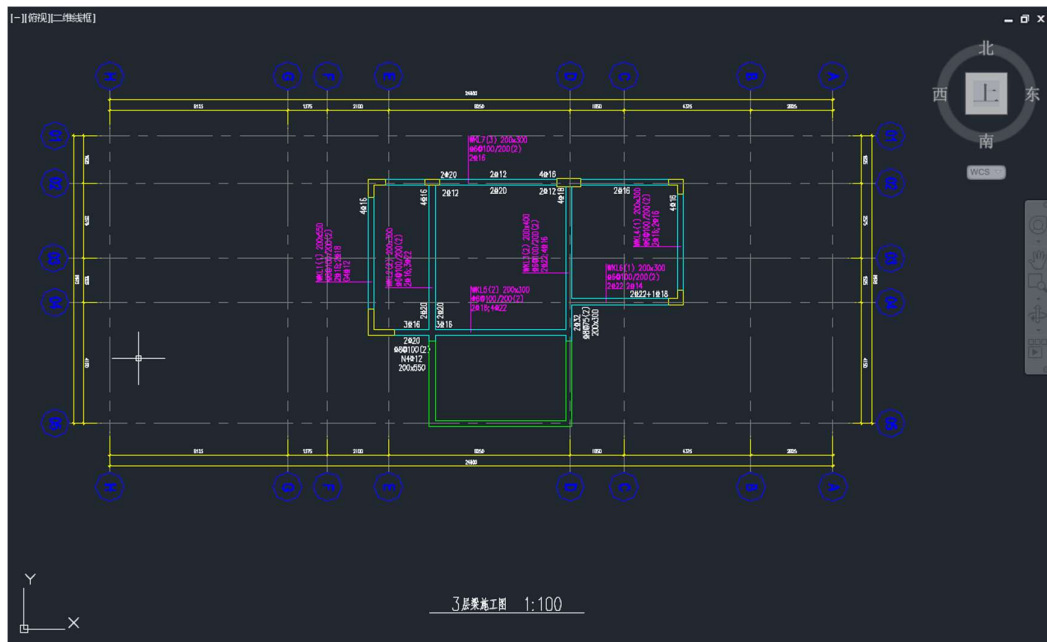


Figura A.3– Armaduras das Vigas do Piso 2.

Piso	Altura (M)	Alt. Piso	Pilar Laje, Viga	
			Classe	Betão
3	8.900	3.300	C40	C30
2	4.400	3.300		
1	-0.100	3.300		

Figura A.4– Espessura das lajes e classe de betão.

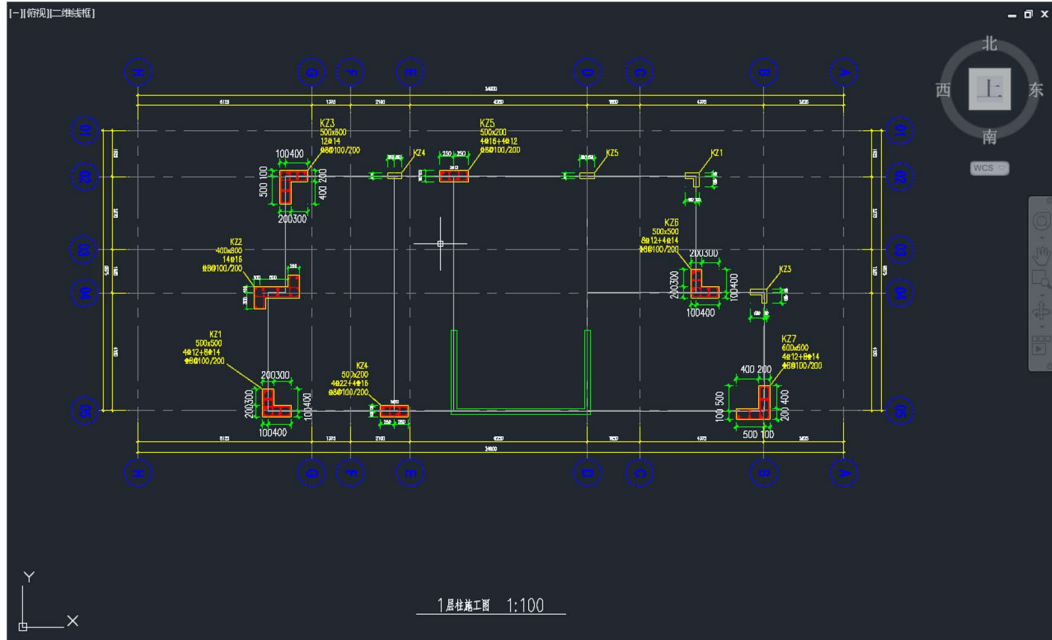


Figura A.5 – Armaduras dos Pilares do Piso 1.

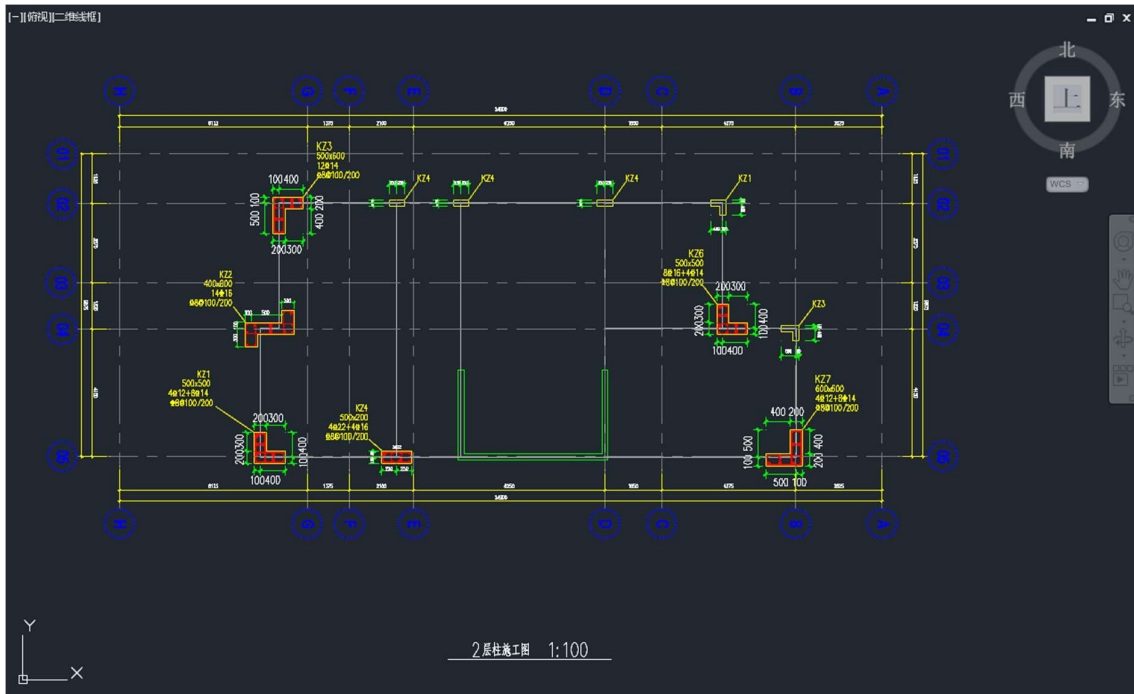


Figura A.6– Armaduras dos Pilares do Piso 1.

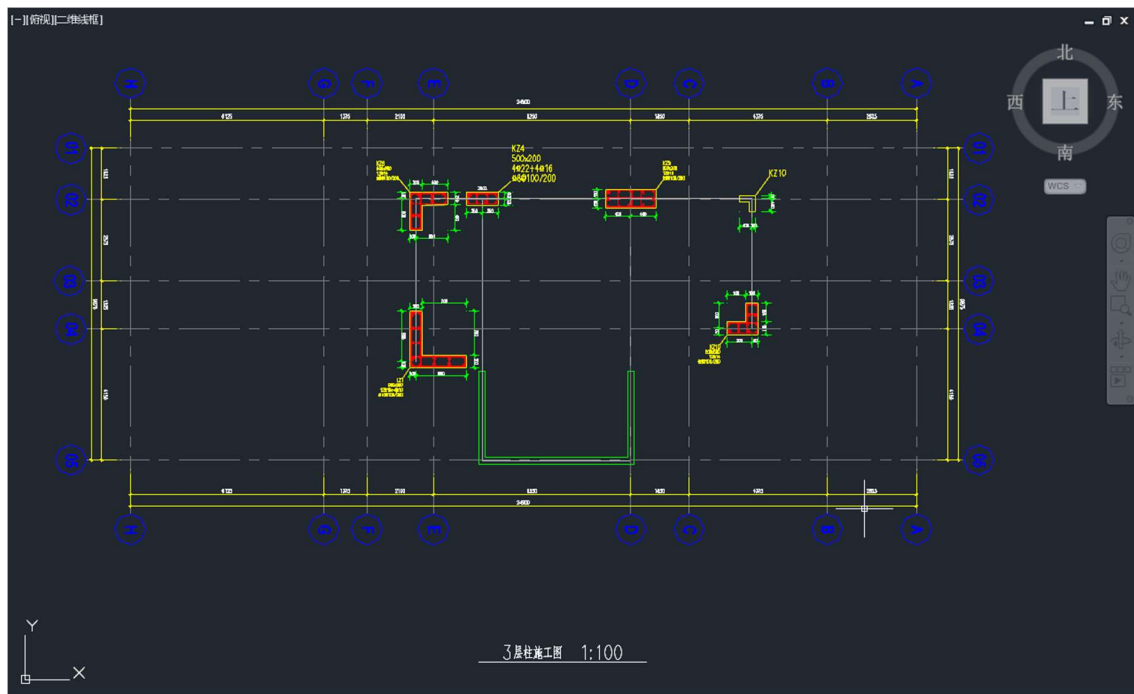


Figura A.7– Armaduras dos Pilares do Piso 2

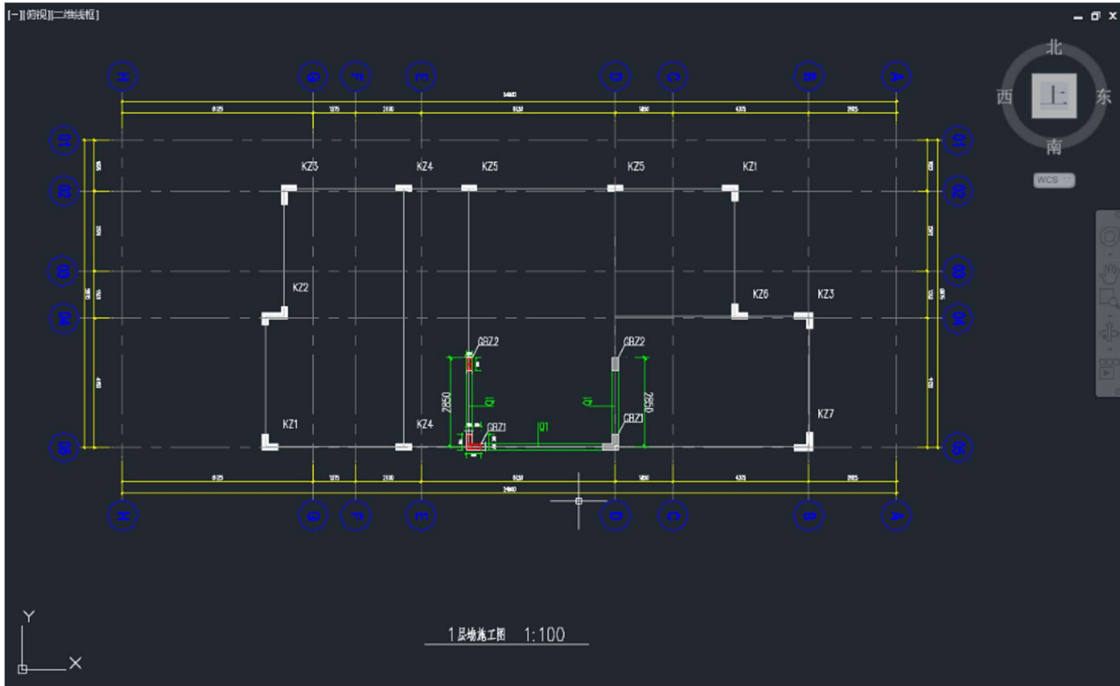


Figura A.8 – Armaduras das Paredes do Piso 0.

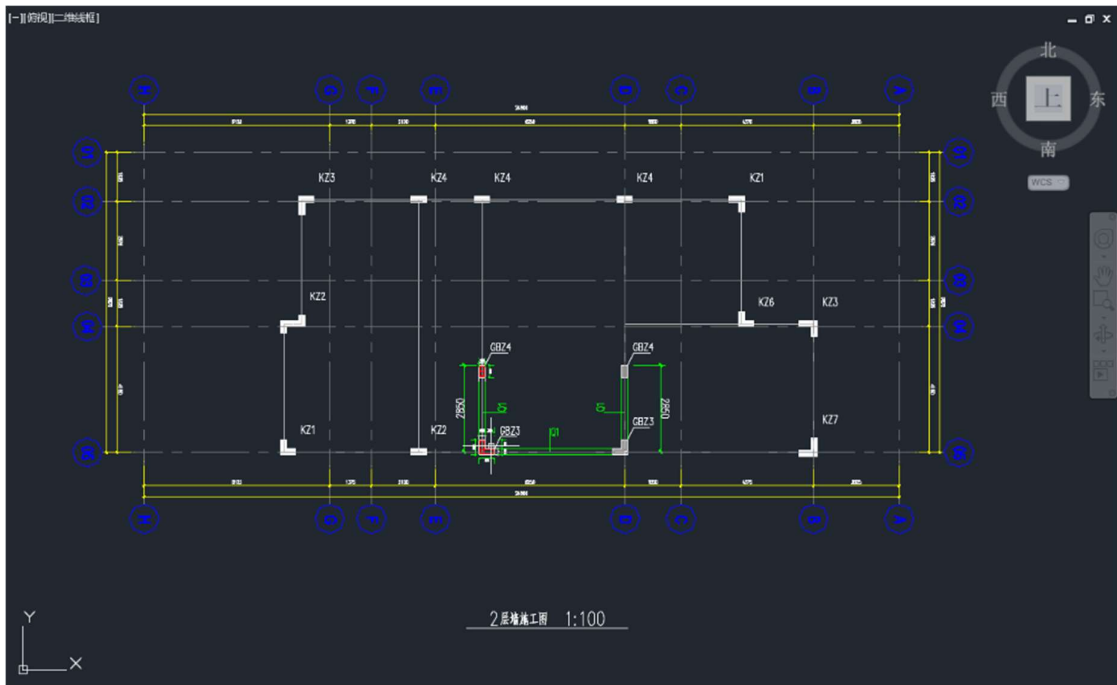


Figura A.9– Armaduras das Paredes do Piso 1.

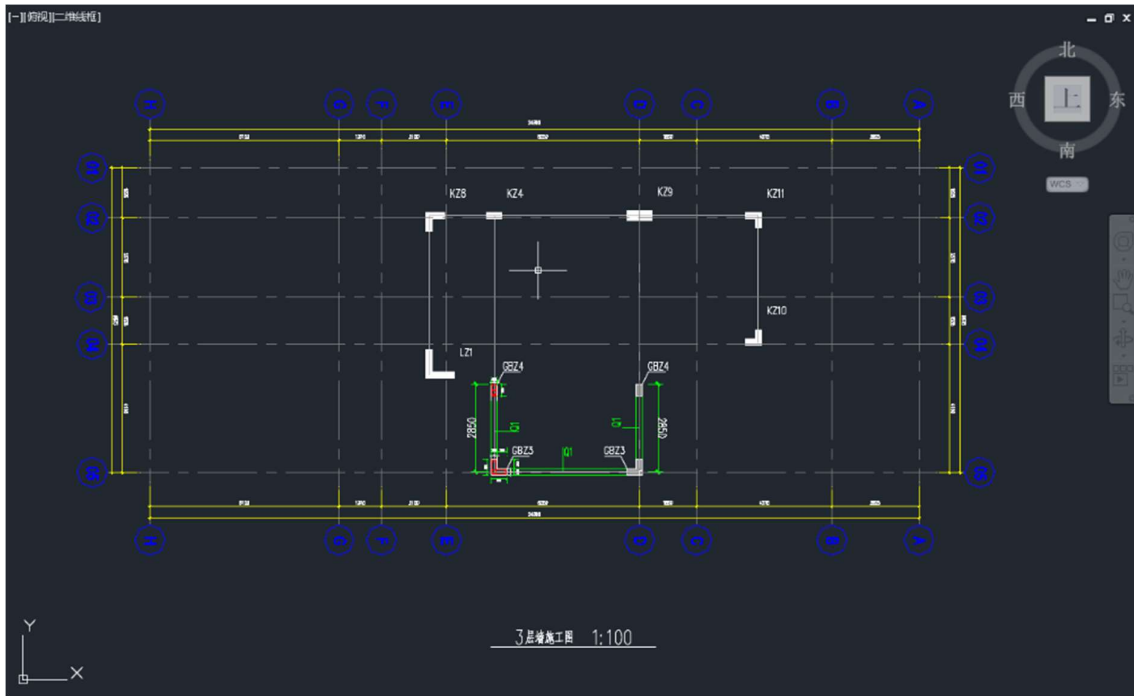


Figura A.10– Armaduras das Paredes do Piso 2.

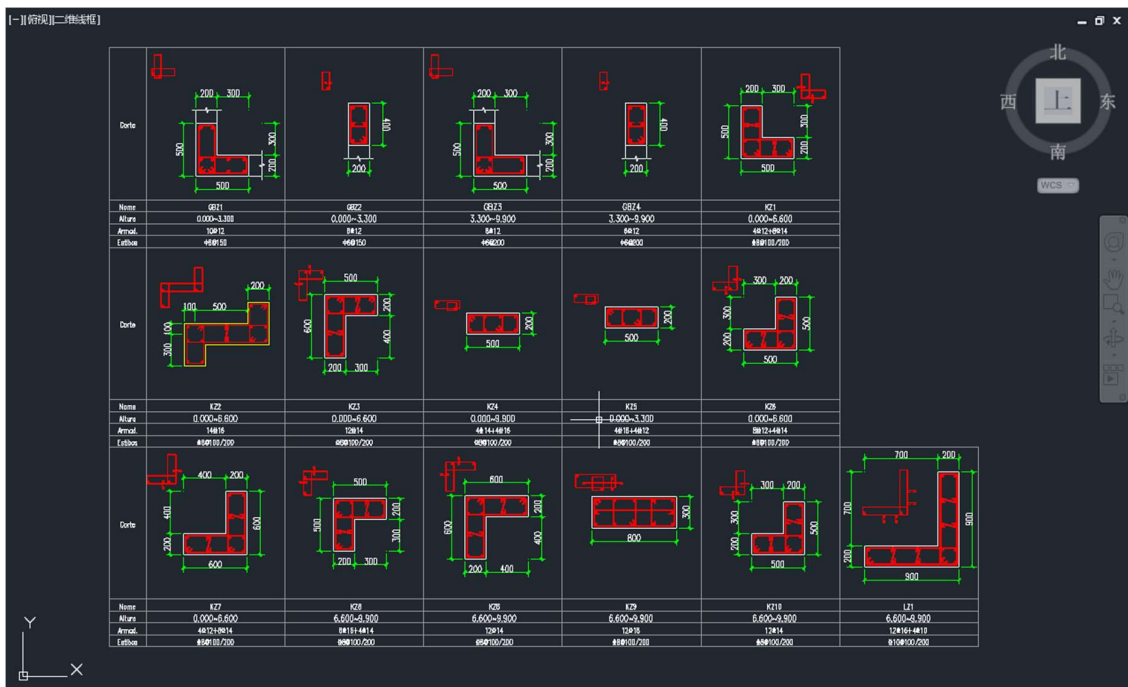


Figura A.11– Pormenores dos pilares

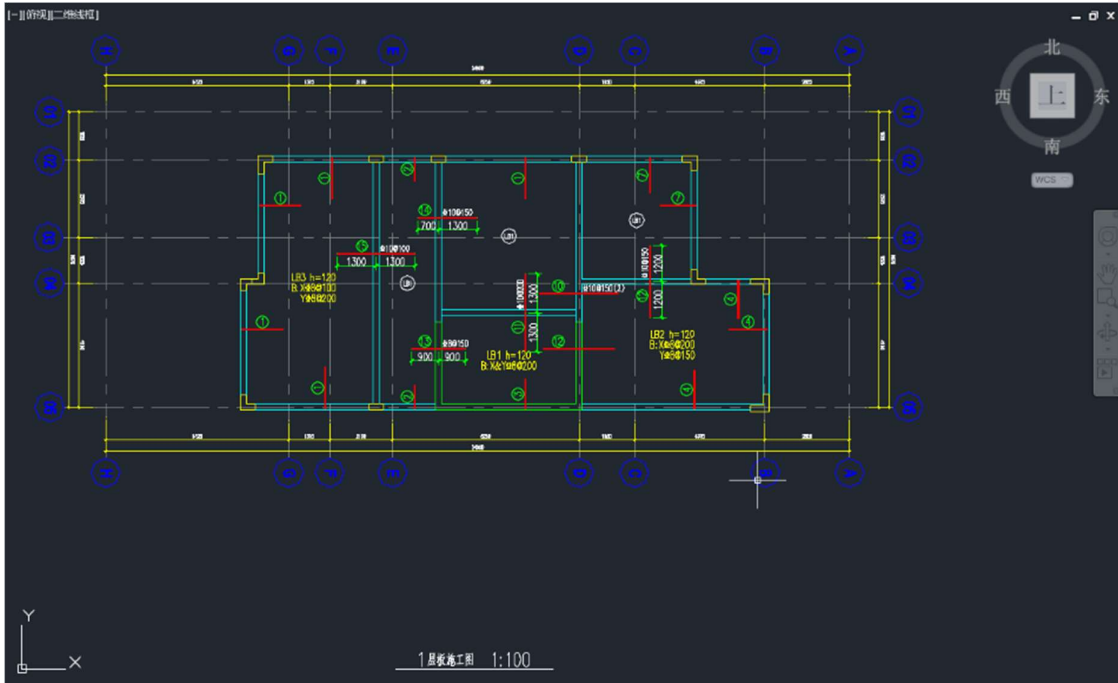


Figura A.12– Armaduras da Laje do Piso 0.

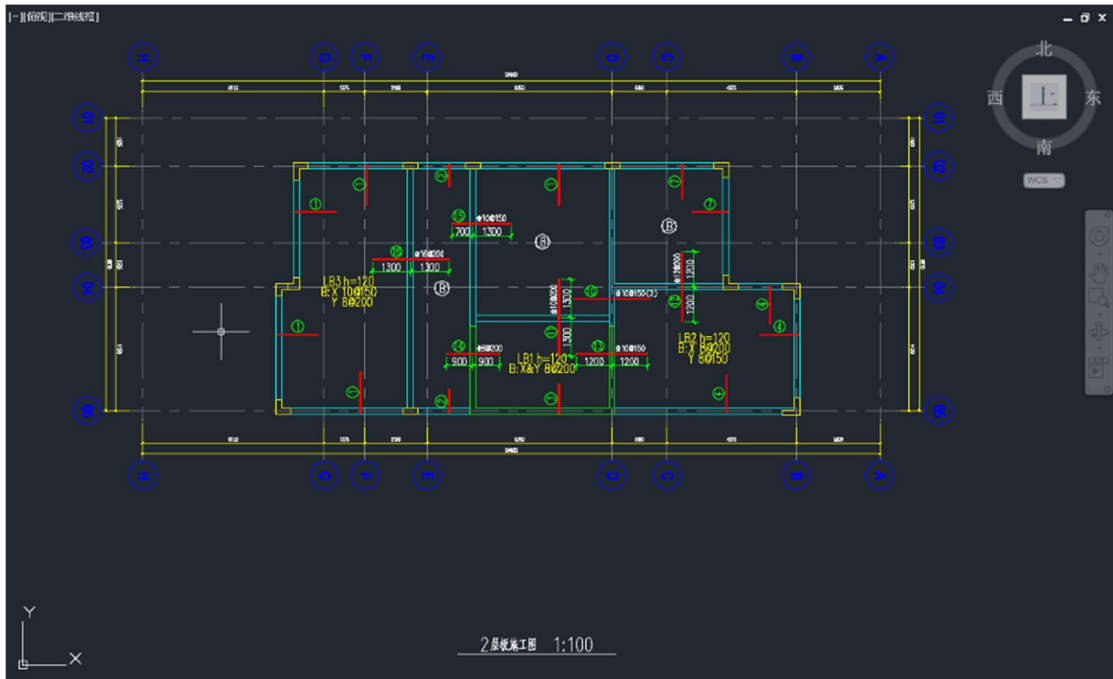


Figura A.13– Armaduras da Laje do Piso 1.

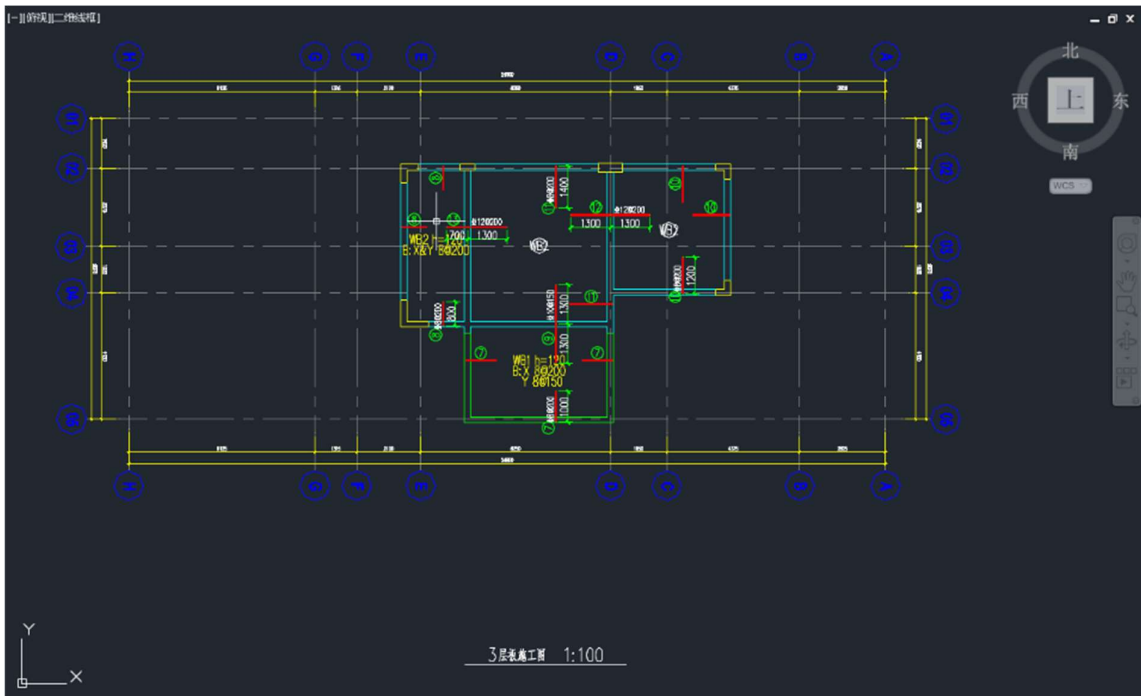


Figura A.14 – Armaduras da Laje do Piso 2.