



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

GUSTAVO HENRIQUE NORAT PINTOR

**PROJETO ESTRUTURAL DE UM SOBRADO EM CONCRETO ARMADO  
UTILIZANDO O SOFTWARE EBERICK**

Caruaru  
2022

GUSTAVO HENRIQUE NORAT PINTOR

**PROJETO ESTRUTURAL DE UM SOBRADO EM CONCRETO ARMADO  
UTILIZANDO O SOFTWARE EBERICK**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Estruturas

**Orientador(a):** Prof. Dr. Douglas Mateus de Lima

Caruaru

2022

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais pela formação e educação que me deram, as ferramentas mais importantes que irei carregar por toda minha vida.

A meus avós, tios, primos e família, não só de sangue como também de coração, pelo suporte, amor e amizade que me foram inestimáveis antes e durante minha formação.

Aos meus colegas de faculdade pelos momentos de descontração em meio às dificuldades do curso.

Ao professor Douglas Mateus, por sua disponibilidade, paciência e direcionamento durante este trabalho que me foi de imensa ajuda.

Ao meu primo Breno Beltrão, que me ajudou bastante durante a elaboração deste trabalho.

Às minhas irmãs, que sempre estiveram nos meus pensamentos durante os estudos.

Ao professor Henry Kleber, que me motivou a nunca desistir dos meus objetivos.

Acima de tudo, agradeço à Dona Terezinha de Lisieux, sem a qual eu nunca teria sido capaz de chegar aonde cheguei e a quem eu devo tudo que sou hoje.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

CAD Computer-Aided Design

ELU Estado Limite Último

ELS Estado Limite de Serviço

NBR Norma Brasileira

## **Projeto estrutural de um sobrado em concreto armado utilizando o *software* Eberick**

## **Structural design of a two-storey reinforced concrete house using the *software* Eberick**

**Gustavo Henrique Norat Pintor<sup>1</sup>**

### **RESUMO**

Apesar do surgimento e popularização de diversos sistemas estruturais nos últimos anos, o concreto armado ainda domina a construção civil no Brasil e em Pernambuco, seja por sua resistência, segurança e versatilidade arquitetônica ou por ser um material bem estabelecido na região e possuir mão de obra qualificada abundante e barata para sua execução, um dos motivos pelo qual o concreto armado ainda é mais atrativo economicamente em relação às estruturas metálicas de aço, que exigem mão de obra mais qualificada e portanto, mais cara. Tendo isso em vista, esse trabalho busca executar um projeto estrutural em concreto armado de um sobrado na vila do Vitorino, localizado no município de Riacho das Almas, Pernambuco. Será apresentado o passo a passo do dimensionamento pelo *software* Eberick da empresa AltoQI, com o cuidado de seguir todas as determinações das normas aplicáveis, dada a importância de que o engenheiro tenha capacidade de entender o processo de dimensionamento estrutural teórico, não dependendo cegamente dos resultados obtidos pelos métodos computacionais. O trabalho abrange desde o lançamento das plantas de forma do projeto arquitetônico de um sobrado de 2 pavimentos em CAD, até o dimensionamento e a análise estrutural das vigas, pilares, lajes e sapatas lançadas com o Eberick incluindo também os detalhamentos em pranchas das armaduras das peças calculadas ao final do trabalho.

Após as análises realizadas foram adotadas soluções para os problemas estruturais encontrados pelo programa e detalhadas as armaduras após fazer os ajustes necessários à concepção estrutural adotada e ao dimensionamento dos elementos estruturais.

**Palavras-chave:** estrutura; concreto armado; Eberick; sobrado.

### **ABSTRACT**

Despite the emergence and popularization of several structural systems in recent years, reinforced concrete still dominates civil construction in Brazil and Pernambuco, not only for its

strength, safety and architectural versatility but also because it is a well-established material in the region and has an abundance of skilled labor for its execution, which is one of the main reasons it is still the preferred structural system compared to steel metallic frames, which requires more specialized, and therefore, more expensive labor. This paper aims to carry out the structural project in reinforced concrete for a two-storey house in the Vitorino's village, located in the municipality of Riacho das Almas, Pernambuco. There will be presented the stages of application of the Eberick *software* by the company AltoQI, being careful to follow all the applicable regulations, given the importance of an engineer having the theoretical knowledge to carry out a structural dimensioning process, not relying blindly on computational methods. The project ranges from the design of the structural blueprint from the architectural project of a two-story house by CAD, to the design and structural analysis of the beams, columns, slabs and foundations launched with the Eberick *software*, also including the dimensioned rebar detailings at the end of the project.

After the analyzes carried out, solutions were adopted for the structural problems found by the *software* and the steel reinforcements were detailed after making the necessary adjustments to the adopted structural design and to the structure pieces.

**Keywords:** structure; reinforced concrete; Eberick; two-storey house.

---

**DATA DE APROVAÇÃO:** 25 de maio de 2022.

---

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e econômico do município de Caruaru e região nos últimos anos, cresceu também a demanda habitacional. Recentemente, se observa um crescimento na criação de condomínios horizontais de alto padrão com residências unifamiliares de um ou dois pavimentos que dispõem de um ambiente fechado com segurança e conforto, sendo a definição de residência alto padrão fornecida pela ABNT NBR 12721:2006, como uma residência composta de quatro dormitórios (sendo um suíte com banheiro e closet e outro com banheiro), banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha área de serviço completa e varanda.

Desta forma, este trabalho consistirá no desenvolvimento do projeto estrutural em concreto armado do sobrado com o auxílio do *software* de análise estrutural Eberick, e abrange a criação do seu projeto arquitetônico em CAD, lançamento dos pilares, vigas, lajes e escadas e

processamento da estrutura seguindo as determinações da ABNT NBR 6118:2014 e outras normas aplicáveis e apresentação de todos os detalhamentos em pranchas. O projeto será realizado buscando garantir a resistência e segurança da estrutura, o conforto e estética aos usuários e a economia e eficiência no uso de materiais.

Justifica-se ainda, a importância desse trabalho para o desenvolvimento técnico e profissional de um projetista estrutural, sendo essencial a qualquer engenheiro aplicar os conhecimentos teóricos à realidade prática de atuação no mercado de trabalho.

Quanto ao material utilizado no projeto, os autores Leonhardt e Mönnig (2008) descrevem o concreto como um aglomerado constituído de agregados e cimento com aglutinante, sendo assim uma rocha artificial. O aço utilizado no concreto armado é diferenciado pela qualidade (limite de escoamento, resistência à tração, alongamento na ruptura), conformação superficial (lisa e nervurada) e tipo de fabricação (laminado de dureza natural e deformado a frio). O concreto armado deve suas boas características de material de construção à firme ligação por aderência entre o concreto e as barras de armadura. Essa aderência garante que as barras de armadura apresentem um alongamento igual ao das fibras vizinhas de concreto. Tendo em vista que o alongamento à tração do concreto é pequeno, ele fissa na presença de maiores solicitações de tração, fazendo com que as barras de aço absorvam essas forças. As vantagens do emprego do concreto armado descritas pelos autores são:

- É um material facilmente moldável, adaptando-se a qualquer tipo de forma, e as armaduras de aço podem ser colocadas de acordo com o fluxo dos esforços internos;
- É resistente ao fogo, às influências atmosféricas e ao desgaste mecânico;
- É próprio para estruturas monolíticas, que, por serem muitas vezes hiperestáticas, apresentam uma elevada capacidade resistente e segurança;
- É econômico, tendo matéria-prima barata como areia e brita, dispensando muitas vezes qualquer manutenção ou conservação.

Sendo assim, o concreto armado foi escolhido para esse trabalho por ser um material versátil que permite a construção de desenhos arquitetônicos variados, além de ser o sistema estrutural mais difundido no país, sendo fácil encontrar os materiais e mão de obra qualificada.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver as habilidades práticas na execução de um projeto estrutural em concreto armado com o uso do *software* de análise estrutural e projeto Eberick.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Desenhar as plantas de forma de um projeto arquitetônico que segue a definição de alto padrão fornecida pela ABNT NBR 12721:2006;
- Realizar o pré-dimensionamento com o lançamento dos pilares, vigas e lajes da estrutura;
- Realizar o processamento computacional das peças lançadas no *software* Eberick;
- Solucionar os principais problemas que ocorrem no dimensionamento de peças de concreto armado seguindo sempre as definições normativas da ABNT NBR 6118:2014;
- Reprocessar a estrutura com as seções das peças e armaduras corrigidas;
- Gerar o documento final com as pranchas contendo todos os detalhamentos e elementos necessários à execução da obra.

## 2 METODOLOGIA

Nesta seção será feita a descrição de todo o processo de execução do projeto estrutural proposto neste trabalho, incluindo: o lançamento e modelagem das plantas de forma, a definição dos materiais de construção e das cargas geradas por eles, a configuração dos parâmetros de cálculo no *software*, execução dos cálculos, ajustes das peças e detalhamento final. Na Figura 1 são detalhadas todas as etapas seguidas durante a realização do projeto.

**Figura 1 – Fluxograma de execução do projeto estrutural**



Fonte: Autor (2022)

## 2.1 Descrição e localização

O trabalho foi feito baseado no projeto arquitetônico de um sobrado realizado pela arquiteta Vanessa Beltrão e construído na Vila do Vitorino, localizado na zona rural do município de Riacho das Almas, PE. O projeto arquitetônico foi adicionado ao trabalho no Anexo A. O sobrado é classificado pela ABNT NBR 12721:2006 como residência unifamiliar padrão alto (R1-A), que define: “Residência composta de quatro dormitórios, sendo um suíte com banheiro e *closet*, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha área de serviço completa e varanda (abriga para automóvel)” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006, p. 19).

A residência possui telhados de duas águas com telhas cerâmicas tipo colonial e telhados de telha de fibrocimento ondulada. Ademais, a residência mede 12 m de largura por 20 m de comprimento, com pé direito do pavimento inferior de 2,85 m e do superior de 3,05 m e área total de 324 m<sup>2</sup>.

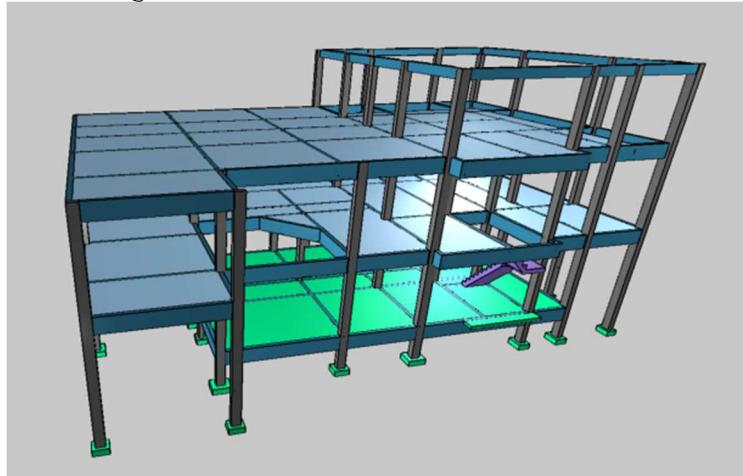
O sobrado possui um mezanino na sala de jantar; um salão de jogos e uma biblioteca no primeiro andar. Há também um terceiro pavimento com acesso à caixa d’água e para manutenção das cobertas e do sistema de aquecimento de água por energia solar que inclui placas coletoras e um *boiler*.

## 2.2 Lançamento/modelagem da estrutura

As plantas de forma foram elaboradas em AutoCAD. As vigas e pilares foram lançados em concreto armado maciço, já as lajes foram lançadas maciças apenas no piso do pavimento térreo e treliçadas unidirecionais com enchimento EPS nos demais pavimentos.

Para o lançamento inicial dos pavimentos no Eberick, foram adotadas espessuras de laje de 18 cm e treliças de designação TR 08645, definida na ABNT NBR 14859-3:2017. Todos os pilares foram lançados inicialmente com seções transversais de 15x30 cm e as vigas com seções de 15x40 cm, essas seções foram eventualmente alteradas durante o processo de análise e dimensionamento da estrutura. No apêndice A estão ilustradas as plantas de forma finais dos pavimentos da casa e na Figura 2 o modelo tridimensional da estrutura final.

**Figura 2 – Modelo tridimensional da estrutura**



Fonte: Autor (2022)

## 2.3 Configuração no Eberick

O Eberick é um *software* de projeto estrutural para concreto armado desenvolvido pela AltoQI. O *software* realiza as etapas de lançamento, análise, dimensionamento e detalhamento da estrutura. O Eberick, sendo desenvolvido por uma empresa brasileira, já é programado em concordância com as normas técnicas brasileiras, especialmente a ABNT NBR 6118:2014.

Nessa seção serão discutidas apenas as principais configurações que de forma geral podem ser alteradas pelo usuário para realizar análises mais precisas, não serão alteradas configurações que tem valores fixos pela ABNT NBR 6118:2014, como os valores máximos de flecha em vigas, por exemplo.

### 2.3.1 Ações e combinações

Todos as combinações dos estados limites últimos (ELU) e serviço (ELS) são geradas automaticamente pelo Eberick, mas podem ser também inseridas manualmente pelo usuário. Foram adotadas para o projeto as ações de peso próprio (G1), peso adicional (G2), acidental (Q), e vento em quatro direções (V1, V2, V3 e V4).

As combinações adotadas para o ELU e ELS estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2 respectivamente.

**Tabela 1 – Combinações de ELU**

<b>COMBINAÇÃO</b>	<b>TIPO</b>	<b>AÇÕES COM PONDERAÇÕES</b>
1	Normal	1.3G1+1.4G2
2	Normal	1.3G1+1.4G2+0.7Q+1.4V1
3	Normal	1.3G1+1.4G2+0.7Q+1.4V2
4	Normal	1.3G1+1.4G2+0.7Q+1.4V3
5	Normal	1.3G1+1.4G2+0.7Q+1.4V4
6	Normal	1.3G1+1.4G2+1.4Q
7	Normal	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V1
8	Normal	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V2
9	Normal	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V3
10	Normal	1.3G1+1.4G2+1.4Q+0.84V4 G1+G2
11	Normal	G1+G2+0.7Q+1.4V1
12	Normal	G1+G2+0.7Q+1.4V2
13	Normal	G1+G2+0.7Q+1.4V3
14	Normal	G1+G2+0.7Q+1.4V4
15	Normal	G1+G2+1.4Q
16	Normal	G1+G2+1.4Q+0.84V1
17	Normal	G1+G2+1.4Q+0.84V2
18	Normal	G1+G2+1.4Q+0.84V3
19	Normal	G1+G2+1.4Q+0.84V4
20	Normal	G1+G2+1.4Q+0.84V4

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 2 – Combinações de ELS**

<b>COMBINAÇÃO</b>	<b>TIPO</b>	<b>AÇÕES COM PONDERAÇÕES</b>
21	Frequentes	G1+G2
22	Frequentes	G1+G2+0.3Q+0.3V1
23	Frequentes	G1+G2+0.3Q+0.3V2
24	Frequentes	G1+G2+0.3Q+0.3V3
25	Frequentes	G1+G2+0.3Q+0.3V4
26	Frequentes	G1+G2+0.4Q
27	Quase Permanentes	G1+G2
28	Quase Permanentes	G1+G2+0.3Q
29	Raras	G1+G2+0.4Q+V1
30	Raras	G1+G2+0.4Q+V2
31	Raras	G1+G2+0.4Q+V3
32	Raras	G1+G2+0.4Q+V4
33	Raras	G1+G2+Q
34	Raras	G1+G2+Q+0.3V1
15	Raras	G1+G2+Q+0.3V2
16	Raras	G1+G2+Q+0.3V3
17	Raras	G1+G2+Q+0.3V4

Fonte: Autor (2022)

### 2.3.1.1 Ações permanentes

Para realizar os cálculos das ações atuantes na estrutura foram definidos os materiais usados na construção do sobrado. Na Tabela 3 estão descritos os materiais usados por ambiente, sendo os pesos específicos aparentes consultados na ABNT NBR 6120:2019. Foi utilizado porcelanato em todos os pisos da casa, o peso específico de materiais como contrapiso e revestimentos são considerados pelo *software* como cargas típicas por ambiente em lajes e no

cálculo de cargas de paredes. A cobertura da casa possui um telhado em telhas de fibrocimento onduladas e outro em telhas cerâmicas coloniais cobrindo a casa de máquinas.

**Tabela 3 – Materiais usados e pesos específicos**

Materiais	Uso	Locais	Peso específico (kN·m <sup>-3</sup> )
Porcelanato	Revestimento: piso	Quartos, corredor, salas, banheiros, cozinha	23
Concreto armado	Vigas, Pilares, Lajes, Fundação	Todos	25
Argamassa	Revestimento	Todos	21

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da ABNT NBR 6120:2019 (2022)

A alvenaria de vedação foi feita com blocos cerâmicos vazados e os forros de todos os pavimentos usaram placas de gesso. Nas Tabelas 4 e 5 estão mostrados os valores de carga usados.

**Tabela 4 – Peso da alvenaria de vedação**

Alvenaria	Espessura nominal do elemento (cm)	Peso - Espessura de revestimento por face (kN·m <sup>-2</sup> )		
		0 cm	1 cm	2 cm
<b>Alvenaria de vedação</b>				
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da ABNT NBR 6120:2019 (2022)

**Tabela 5 – Carga dos telhados e forro**

Composição	Peso (kN·m <sup>-2</sup> )
Telhado com telhas cerâmicas (tipo germânica e colonial) e estrutura de madeira com inclinação $\leq 40\%$	0,85
Telhado com telhas de fibrocimento onduladas (com espessura até 5 mm) e estrutura de madeira	0,4
Forro de gesso em placas, inclui estrutura de suporte	0,15

Elaborado pelo autor com base nos dados da ABNT NBR 6120:2019 (2022)

O peso próprio das lajes, pilares e vigas foram considerados pelo próprio Eberick após lançar os elementos e definir as propriedades dos materiais. Além dos pesos próprios também foram calculadas as cargas decorrentes das alvenarias, revestimentos, forros e telhados usando os pesos relacionados nas Tabelas de 3 a 5

### 2.3.1.2 Cargas accidentais

As cargas accidentais de cada cômodo também foram consultadas na ABNT NBR 6120:2019 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019, p. 17), sendo as cargas verticais mínimas para dormitórios, banheiros, cozinhas, salas iguais a  $1,5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$  e para a área de serviço igual a  $2 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ . Para a biblioteca, foi adotado o valor mínimo de  $4 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$  para salas de leitura com estantes; o banheiro da suíte possui uma banheira montada em alvenaria para uma pessoa; usando as especificações técnicas disponibilizadas pelo fabricante, chegou-se a uma sobrecarga de  $1,5 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$  para a banheira quando cheia. Na Tabela 6 estão relacionadas as cargas mínimas e adotadas de cada ambiente da residência.

**Tabela 6 – Cargas verticais mínimas e adotadas**

Ambiente	Carga mínima ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$ )	Carga adotada ( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$ )
Quarto 1	1,5	1,5
Quarto 2	1,5	1,5
Quarto 3	1,5	1,5
Suíte	1,5	1,5
Banheiro 1	1,5	1,5
Banheiro 2	1,5	1,5
Banheiro 3	1,5	3
Corredor	1,5	1,5
Sala de jantar	1,5	1,5
Sala de estar	1,5	1,5
Salão de jogos	3	3
Cozinha	1,5	1,5
Área de serviço	2	2
Escada	2,5	2,5
Biblioteca	4	4
Varandas	2,5	2,5

Fonte: Autor (2022)

### 2.3.2 Vento

O cálculo de esforços devidos ao vento no Eberick é iniciado pelo mapa de isopletas de velocidade básica do vento, conforme a ABNT NBR 6123:1988. Quase toda a região Nordeste do país, incluindo todo o estado de Pernambuco, está localizada na região de velocidade básica do vento de  $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , essa velocidade básica é um dos parâmetros inseridos pelo usuário para a realização da análise do efeito do vento.

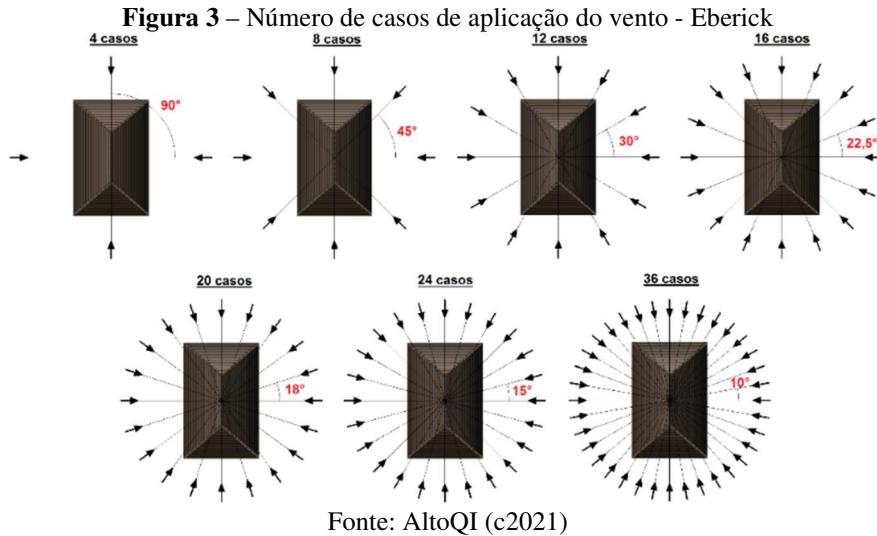
Além da velocidade básica do vento, também é preciso informar as seguintes informações ao *software*:

- Ângulo de aplicação do vento: Permite a rotação do ângulo de incidência do vento na estrutura, isso permite que o projetista defina a direção específica do vento na estrutura. Neste projeto foi adotado o ângulo de incidência padrão de 0°.
- Número de casos de aplicação do vento: O usuário pode escolher quantos casos de ações de vento deverão ser calculados para a estrutura, com um mínimo de 4 e máximo de 36 casos, como representado na Figura 3. Neste projeto, foram adotados 4 casos de aplicação do vento.
- Coeficiente de arrasto: O *software* faz a adoção do coeficiente de arrasto usando a classificação de turbulência informada pelo usuário, adotada turbulência alta neste projeto, e as dimensões construídas da edificação ou dimensões arbitradas. O usuário também pode inserir diretamente os coeficientes de arrasto, caso os tenha disponíveis, para cada pavimento. Para esse projeto o coeficiente de arrasto será calculado pelas dimensões reais da estrutura e com ventos de alta turbulência, de acordo com a definição da ABNT NBR 6123:1988.
- Maior dimensão horizontal ou vertical: Para esse parâmetro foi adotada construção menor que 20 metros.
- Rugosidade do terreno: É preciso informar a categoria de rugosidade do terreno da construção, usado para determinação do fator  $S_2$  necessário para cálculo da velocidade do vento. Foi adotado categoria III de rugosidade por se tratar de zona rural com poucas casas vizinhas e árvores.
- Fator  $S_1$ :  $S_1$  é um coeficiente relacionado a topografia do terreno, para esse caso foi adotado como 1 por se tratar de uma área relativamente plana sem proteção a ventos nem afunilamento ou encostas.
- Fator  $S_2$ : Esse fator varia com a altura de incidência do vento na estrutura, obedecendo a Equação 1:

$$S_2 = b \cdot Fr \left( \frac{z}{10} \right)^p \quad (1)$$

na qual: “z” é cota acima do terreno, “Fr” é o fator de rajada tabelado na ABNT NBR 6123:1988, “b” é o parâmetro meteorológico para determinação de  $S_2$ , e “p” é o expoente da lei potencial de variação de  $S_2$ , ambos também tabelados na mesma norma com valores definidos a partir da dimensão da estrutura e a rugosidade do terreno. O valor de  $S_2$  no ponto mais alto da estrutura foi de 0,92.

- Fator  $S_3$ : Este é um coeficiente relacionado ao nível de ocupação do edifício e à segurança dos ocupantes em caso de desabamento parcial ou total devido a tempestades ou ventos fortes. Para uma edificação residencial comum esse fator é 1.



### 2.3.4 Considerações de análise de estabilidade global

Nas configurações de análise, o usuário pode escolher o percentual de redução de engaste para os nós semirrígidos, sendo os limites por norma de até 10% para estruturas de nós móveis e até 25% para estruturas de nós fixos. O Eberick utiliza o método do coeficiente  $\gamma_z$  para fazer essa análise, sendo que uma estrutura pode ser considerada de nós fixos quando o coeficiente  $\gamma_z$  é menor ou igual a 1,1 ou de nós móveis caso seja maior do que esse limite. Já o coeficiente P-Δ é uma maneira de avaliar a influência dos esforços de segunda ordem em relação aos de primeira. Este coeficiente é utilizado para estruturas de nós móveis.

Na mesma aba de análise também é possível adotar uma redução na torção de pilares e vigas, pois sempre que a torção for necessária para a estabilidade da estrutura é preciso considerar os efeitos da torção e adotar a armadura adequada. Mas em casos de torção de compatibilidade, na qual a desconsideração dos esforços de torção (realizando uma rotulação, por exemplo) não afeta a estabilidade da estrutura, a norma permite desprezar os esforços de torção.

### 2.3.5 Detalhamento e Dimensionamento

Nas guias de detalhamento e de dimensionamento é possível alterar como serão gerados os desenhos de armadura e como o programa irá aplicar armaduras. O usuário pode escolher se

ancoragens serão retas ou curvadas, espaçamento mínimo de estribos, comprimento limite para uniformização da bitola de estribos, coeficientes de prioridade para área, quantidade e diâmetro de barras entre outros. Essas configurações permitem compatibilizar armaduras de peças adjacentes e facilitar a execução da obra.

### **2.3.6 Materiais e durabilidade**

Para a construção foi adotado concreto C30, feito com CP-II e classe de agressividade I (fraca) para área rural. As bitolas mínimas de aço longitudinal foram adotadas como 10 mm para pilares, 8 mm para vigas e 5 mm para lajes, e para as transversais 5 mm.

No projeto foi adotada uma umidade relativa do ar de 60%, abatimento do concreto (*slump*) de 5 cm e vida útil do projeto de 50 anos. Esses dados são usados para o cálculo de efeitos de fluência e retração do concreto.

### **2.3.7 Verificações ao ELS**

Os limites de deslocamento adotados foram de no máximo L/250 para flechas em vigas e lajes para a análise de aceitabilidade sensorial visual, sendo L é o comprimento do vão da viga ou laje. Também foi adotado o limite de L/350 para contraflechas em vigas. Esses valores foram obtidos da ABNT NBR 6118:2014.

### **2.3.8 Carregamentos**

Os carregamentos de pesos próprios de cada peça já são inseridos automaticamente durante o lançamento das peças. Outros carregamentos são descritos a seguir:

- Lajes: Os carregamentos das lajes incluem além do peso próprio, os de forros nos dois pavimentos principais, contrapiso e revestimentos em todos os pavimentos. As lajes também podem receber cargas de paredes e no último pavimento também recebem carregamento distribuído das telhas de fibrocimento.
- Vigas: Durante o lançamento das vigas são inseridos os carregamentos devidos à alvenaria.

As sobrecargas das lajes que suportam mais de um ambiente tiveram suas áreas divididas para receber a sobrecarga correta de cada cômodo. As cargas do telhado de telhas coloniais serão calculadas pela área inclinada do telhado e dividida em cargas lineares nas vigas de

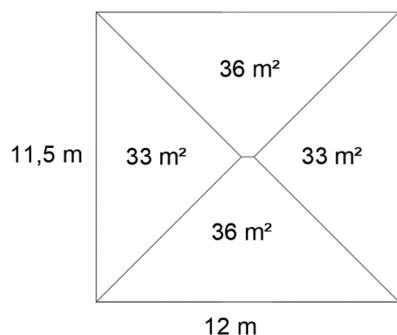
suporte, já as telhas de fibrocimento serão apoiadas diretamente nas lajes e será calculado o carregamento distribuído por área.

Também serão inseridas as cargas causadas pelo reservatório superior, o *boiler*, e as placas fotovoltaicas. O pavimento do barrilete não terá laje ou forro, sendo coberta apenas pelo telhado.

## 2.4 Lançamento das cargas do telhado

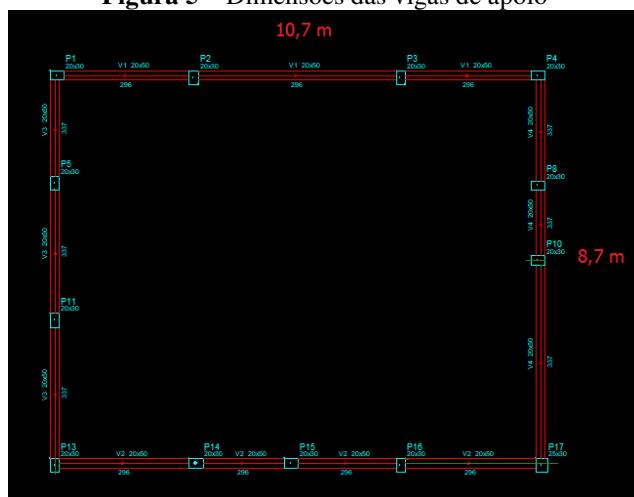
O projeto possui dois telhados, um de telhas de fibrocimento onduladas e um segundo de telhas cerâmicas coloniais e estrutura de madeira. O carregamento do telhado de fibrocimento é lançado como uma carga distribuída na área da laje da cobertura. Já para o segundo telhado foi feita a consideração que sua carga total, calculada pela área na sua superfície horizontal com a carga dada pela Tabela 5, foi dividida entre 4 vigas de apoio de acordo com sua área de influência como representado nas Figuras 4 e 5.

**Figura 4 – Dimensões do telhado de telhas cerâmicas**



Fonte: Autor (2022)

**Figura 5 – Dimensões das vigas de apoio**



Fonte: Autor (2022)

Como indicado na Tabela 4, o peso na superfície horizontal pelo telhado de fibrocimento é de  $0,4 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$  enquanto o telhado de telhas cerâmicas tem peso de  $0,85 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ . Multiplicando 0,85 pelas áreas de influência de cada viga, tem-se uma carga total de 30,6 kN nos lados de 12 metros e 28,1 kN nos lados de 11,5 m. As dimensões das vigas são de 10,7 m e 8,7 metros de comprimento, respectivamente. Dividindo-se as cargas totais pelos comprimentos, encontram-se as cargas lineares de  $2,9 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$  e  $3,3 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-1}$ , respectivamente.

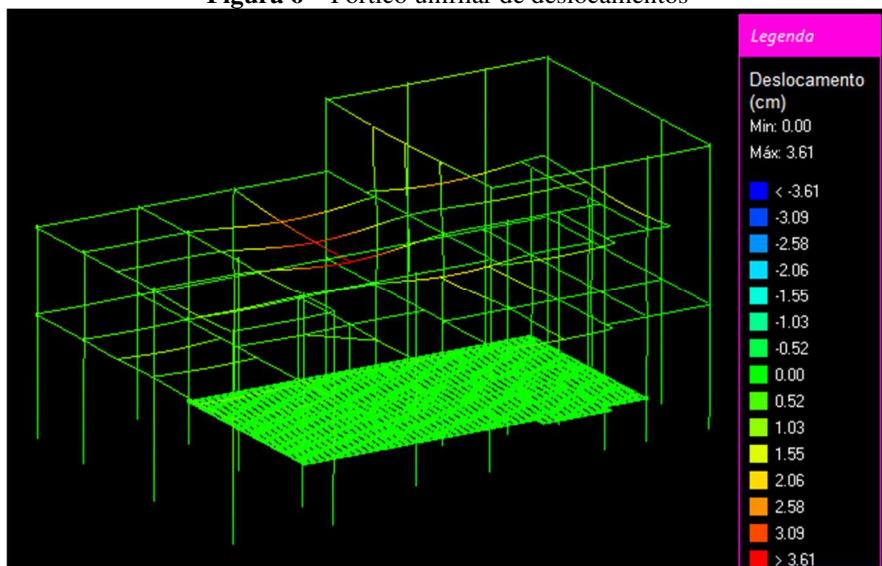
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção é realizada a análise estrutural do sobrado e o dimensionamento das vigas, lajes e pilares. São apresentadas também as soluções adotadas para garantir a estabilidade da estrutura após à análise da primeira concepção estrutural do sobrado.

#### 3.1 Primeira análise

No primeiro processamento da estrutura foram calculadas as solicitações e deslocamentos nos elementos da estrutura, assim como o dimensionamento preliminar das fundações, pilares, vigas e lajes, embora tenham sido geradas mensagens de erro e falhas que precisam ser solucionadas em processamentos posteriores. Na Figura 6 é mostrado o pórtico unifilar com os deslocamentos dos elementos estruturais do primeiro modelo.

**Figura 6 – Pórtico unifilar de deslocamentos**



Fonte: Autor (2022)

Foi possível perceber que os maiores deslocamentos observados foram localizados na área central da coberta, mesmo considerando a presença reduzida de cargas, isso se deve ao fato de que há um grande vão sem presença de pilares naquela região.

Nas Tabelas 7 e 8 estão os resultados de estabilidade gerados nos relatórios do Eberick.

**Tabela 7 – Estabilidade global**

<b>Parâmetro</b>	
Gama-Z	1,04 (limite 1,10)
Deslocamento máximo dos pilares (cm)*	0,23
Deslocamento médio dos pilares (cm)*	0,08
Deslocamento máximo dos pilares* / Htotal	1/4255
Deslocamento médio dos pilares* / Htotal	1/11678

\*Deslocamento dos pilares do último pavimento (Limite de  $H/1700$  para efeitos em elementos não estruturais, no qual  $H$  é a altura total da edificação)

Fonte: Autor (2022)

**Tabela 8 – Maior coeficiente Gama-Z**

**Combinação: 1,3G1+1,4G2+1,4Q+0,84V2**

Pavimento	Altura relativa (cm)	Carga vertical (kN)	Carga horizontal (kN)	Deslocamento horizontal (cm)	Momento 2a. ordem (kN.m)	Momento tombamento (kN.m)	Gama-Z
CASA DE MÁQUINAS	990,00	275,58	3,53	0,21	0,59	35,35	
COBERTURA	740,00	2250,67	13,72	0,18	4,13	101,82	1,04
1º PAVIMENTO	435,00	2817,21	16,76	0,15	4,12	72,88	(lim=1,10)
TÉRREO	150,00	506,07	1,76	0,06	0,29	2,70	
<b>TOTAL</b>					<b>9,13</b>	<b>212,74</b>	

Fonte: Autor (2022)

Segundo Kimura (2007), o parâmetro  $\gamma_z$  relaciona de forma aproximada a magnitude dos efeitos globais de segunda ordem de uma estrutura, com valores próximos de 1 sendo mais estáveis, enquanto valores superiores a 1,5 revelam uma estrutura instável e impraticável. O resultado obtido nas Tabelas 7 e 8, portanto, podem ser considerados bons e indicam uma estrutura de nós fixos com baixos esforços causados por efeitos de segunda ordem na estrutura.

Na Tabela 9 são mostrados os números de elementos dimensionados com sucesso, com avisos ou com erros que precisam ser corrigidos.

**Tabela 9 – Status dos elementos na análise inicial**

		Elementos de concreto		
Pavimento	Elementos	Com sucesso	Com avisos	Com erros
CASA DE MÁQUINAS	Vigas	0	4	0
	Pilares	2	7	4
	Vigas	6	9	1
COBERTURA	Lajes	0	16	2
	Pilares	22	2	4
	Vigas	14	5	0
	Lajes	0	17	2
1º PAVIMENTO	Pilares	12	18	0
	Escadas	1	2	0
	Vigas	10	6	0
	Sapatas	30	0	0
TÉRREO	Radier	11	0	0

Fonte: Autor (2022)

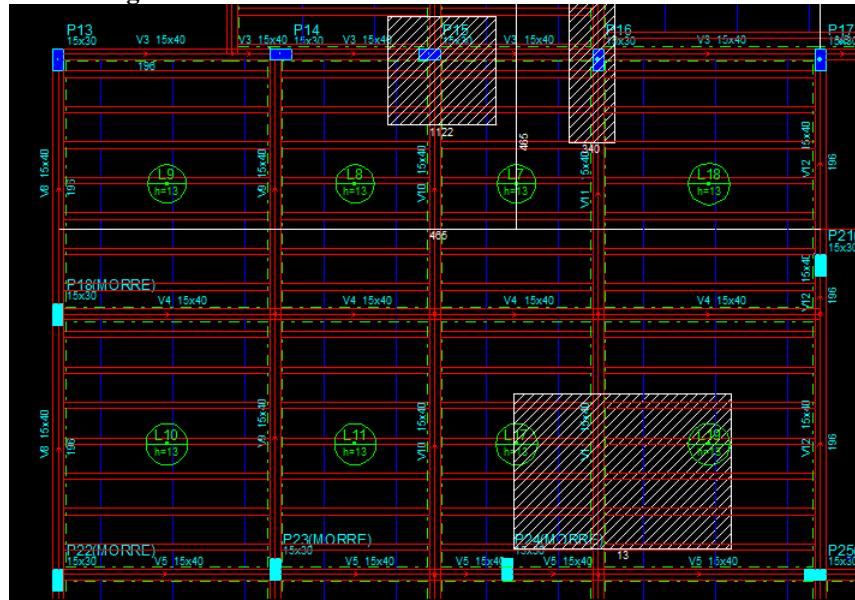
No primeiro processamento da estrutura, vários elementos apresentaram deslocamentos excessivos, sendo os casos mais extremos os apresentados na Tabela 10.

**Tabela 10 – Elementos com deslocamentos excessivos (piores casos)**

Aceitabilidade sensorial - Visual (Vigas)					
Pavimento	Elemento	Flecha (cm)	Relação	Rotação	Limites
COBERTURA	V4 (vão 1)	5,82	L/128	-	L/250
1º PAVIMENTO	V4 (vão 1)	1,91	L/234	-	L/250
Aceitabilidade sensorial - Visual (Lajes)					
Pavimento	Elemento	Flecha (cm)	Relação	Rotação	Limites
COBERTURA	L7 (vão X)	3,79	L/60	-	L/250
1º PAVIMENTO	L11 (vão X)	1,77	L/105	-	L/250

Fonte: Autor (2022)

Na Figura 7 estão apresentados a viga e laje com maiores deslocamentos na estrutura. É possível notar uma área considerável sem a presença de pilares, isso se deve ao fato de que o pavimento logo abaixo possui uma grande área aberta que não permite a passagem dos pilares presentes no pavimento térreo. A viga V4 apresentou deslocamentos elevados devido ao seu comprimento. Por esse motivo foi necessário aumentar a seção das vigas para 15x50 cm, essa mudança em conjunto com alterações na concepção estrutural foi suficiente para eliminar os deslocamentos excessivos no primeiro pavimento e nas vigas da coberta, e reduzir consideravelmente os deslocamentos nas lajes da coberta.

**Figura 7 – Elementos estruturais com maiores deslocamentos**

Fonte: Autor (2022)

Na Tabela 11 estão relacionadas todas as mensagens de avisos e erros encontrados nesse primeiro processamento para serem usados como referência no item 3.2, no qual serão apresentadas as soluções adotadas.

**Tabela 11 – Problemas encontrados**

Código	Descrição	Elemento
Aviso 98	Verificar ancoragem da armadura de pele	Viga
Aviso 26	Possibilidade de instabilidade lateral.	Viga
Aviso 101	Verificar flechas	Viga/Laje
Erro -D11	Esforço de torção TSd maior que TRd2.	Viga
Erro -D31	Erro no cálculo da armadura principal (direção X)	Laje
Aviso 117	Laje em desacordo com a NBR 14859:2016.	Laje
Erro -D05	Esbeltaez maior que 140.	Pilar
Aviso 10	Pilar com bitola ou nº de barras menor que no lance acima.	Pilar

Fonte: Autor (2022)

### 3.2 Soluções adotadas

Aviso 98 – Carvalho e Filho (2014, p. 177) diz o seguinte sobre a armadura de pele: “A função dessa armadura é, principalmente, minimizar os problemas decorrentes da fissuração, retração e variação de temperatura. Serve também para diminuir a abertura de fissuras de flexão na alma das vigas.”. Segundo a ABNT NBR 6118:2014, só é obrigatório o uso de armadura de pele em vigas com alturas superiores a 60 cm, o que indica que o *software* fez a inserção da armadura de pele por conta de algum esforço de torção ou tração atuando na viga. Na Figura 8 pode-se perceber um momento torsor elevado causado pela viga 12.

**Figura 8 – Diagrama de momentos torsores na viga 3 do primeiro pavimento.**



Fonte: Autor (2022)

Como é possível observar na Figura 9, essa torção não é necessária para garantir a estabilidade da viga 12. Araújo (2010) define “torção de compatibilidade” como aquela que surge em consequência do impedimento a deformação, e “torção de equilíbrio” como aquela cujos momentos torsores são necessários para satisfazer as condições de equilíbrio, podendo levar a estrutura a ruína caso não sejam considerados.

Ainda segundo Araújo (2010), uma barra reta submetida à torção sofre um empenamento das suas seções transversais, gerando tensões normais de tração e compressão ao longo da barra. Entretanto, caso tal empenamento seja impedido, no caso do concreto, essas tensões se dissipam por meio da fissuração, após a qual o momento torsor diminui consideravelmente, não necessitando ser considerado no dimensionamento da viga. Dessa forma, os efeitos da restrição ‘do empenamento nos apoios podem ser levados em conta pela colocação de uma armadura mínima para limitar a fissuração. Portanto, é possível aplicar uma rótula no apoio da viga 12 na viga 3, desprezando assim o momento torsor por conta da fissuração do concreto sem comprometer a estabilidade da estrutura.

**Figura 9 – Apoio da viga 12 na viga 3.**



Fonte: Autor (2022)

Aviso 26 – A instabilidade lateral pode ocorrer em vigas esbeltas na região comprimida. A ABNT NBR 6118:2014 inclui uma verificação simplificada para a possibilidade de instabilidade lateral apresentada nas Equações 2 e 3, com as condições a serem atendidas:

$$b \geq l_0 / 50 \quad (2)$$

$$b \geq \beta_{fl} \cdot h \quad (3)$$

na qual: “b” é a altura da zona comprimida, “h” é a altura total da viga, “l<sub>0</sub>” é o comprimento do flange comprimido, medido entre suportes que garantam o contraventamento lateral, e “β<sub>fl</sub>” é o coeficiente que depende da forma da viga, sendo igual a 0,4 para seções retangulares.

Caso a viga não passe nessa verificação o aviso 26 é emitido, recomendando realizar uma análise manual ou alterar a concepção estrutural da viga.

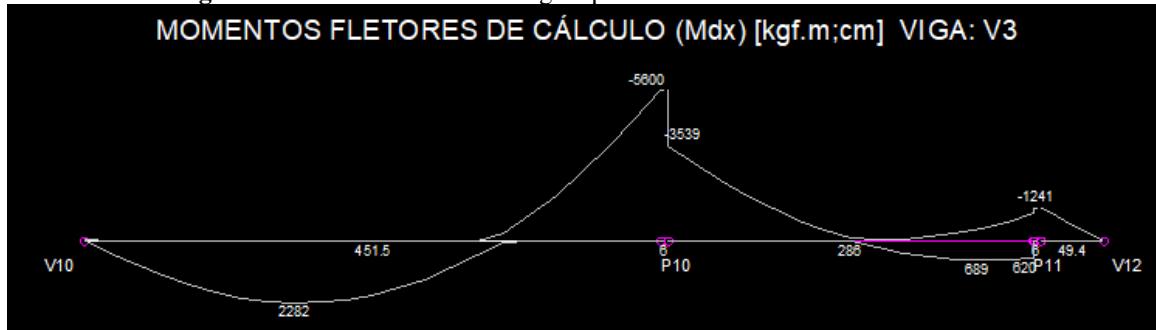
É possível fazer uma estimativa do momento crítico para instabilidade lateral utilizando a Equação 4 proposta por R. Park e T. Paulay, conforme citado por Longo (2021):

$$M_{cr} = \frac{160 \cdot \phi \cdot f_{ck} \cdot b^3 \cdot d}{1} \quad (4)$$

na qual: φ é o coeficiente redutor da capacidade do momento crítico devido as incertezas quanto ao fenômeno da instabilidade lateral. R. Park e T. Paulay sugerem o valor de 0,5. “b” é a largura da seção transversal da viga em metros, “d” é a altura útil em metros, “l” o vão livre em metros e o f<sub>ck</sub> é a resistência característica do concreto à compressão, adotado 30 MPa para este projeto.

Caso o maior momento fletor presente na viga (M<sub>dx</sub>) seja menor que o momento crítico calculado (M<sub>cr</sub>), é possível ignorar o aviso, caso contrário, deve-se alterar a seção da viga (aumentado a sua base, por exemplo) ou diminuir o seu vão.

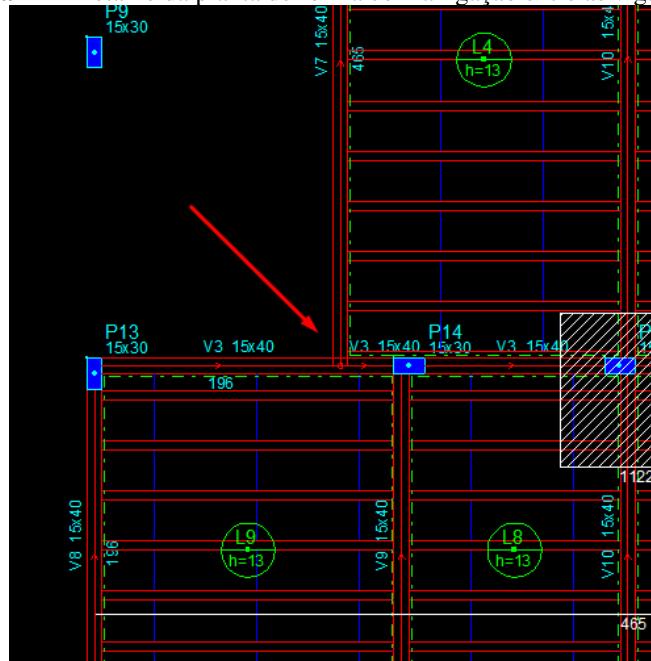
Na Figura 10, tem-se o exemplo da viga 3 que gerou o aviso da possibilidade de instabilidade lateral. Fazendo os cálculos, é encontrado para a viga de 15x40 cm e vão de 2,62 m, M<sub>cr</sub> = 1143,89 kN·m e M<sub>dx</sub> = 54,9 kN·m. Como M<sub>dx</sub> ≤ M<sub>cr</sub> o elemento não falhará por instabilidade lateral.

**Figura 10 –** Momento fletor na viga 3 para análise da instabilidade lateral.

Fonte: Autor (2022)

**Aviso 101 –** Essa mensagem ocorre quando a deformação de uma viga ou laje ultrapassa os limites configurados. As deformações elevadas podem ser reduzidas aplicando engastes nos apoios, aumentando a rigidez do elemento analisado ou ainda aplicando contraflecha nas vigas. Para atender os limites de deformação de alguns dos elementos estruturais no projeto, foram adotadas seções mais robustas nas vigas do primeiro pavimento e da cobertura. As vigas tiveram suas seções alteradas de 15 x 40 cm para 15 x 50 cm.

Erro D11 - TRd2 representa o limite dado pela resistência das diagonais comprimidas do concreto em uma viga sofrendo esforço de torção. Esse erro se apresentou na viga 3 da cobertura como representado na Figura 11 abaixo.

**Figura 11 –** Detalhe da planta de forma com a ligação entre as vigas 7 e 3.

Fonte: Autor (2022)

É possível perceber que a torção elevada é causada pela flexão da viga 7 que, por estar engastada na viga 3, transfere esse esforço. Como essa torção não é de equilíbrio, é possível aplicar uma rótula no apoio e desprezar o efeito de torção.

**Erro D31** – Este erro acontece quando o programa não consegue garantir os espaçamentos e cobrimentos necessários para nenhuma bitola de armadura em uma laje. Para as lajes treliçadas usadas, isso comunica que apesar da necessidade de armações adicionais nas treliças, não há espaço suficiente na seção adotada para a armação adequada. Para corrigir essa situação, é preciso aumentar as dimensões da sapata de concreto das vigotas para que o programa possa aplicar as armaduras adicionais com o espaçamento correto ou reduzir a necessidade de tais armaduras adicionais, aumentando as dimensões das treliças ou a repetição de vigotas na laje entre os enchimentos. Foi possível resolver esse problema aumentando a largura da sapata de 12 cm para 15 cm e reduzindo o espaçamento entre vigotas de 40 cm para 30 cm. Essas alterações permitiram também reduzir a altura total da laje de 18 cm para 13 cm.

**Aviso 117** - Esse aviso é emitido sempre que alguma dimensão das vigotas de uma determinada laje não atende aos requisitos mínimos exigidos pela NBR 14859:2016. No caso de lajes treliçadas unidirecionais, como é o caso nesse projeto, essa mensagem ocorre quando:

- Altura da sapata < 3,0 cm
- Largura da sapata < 13,0 cm
- Largura da sapata  $\geq$  40 cm e Altura da sapata < 4,0 cm (simultaneamente)
- $(\text{Altura da sapata}/2 + H) < 7,5 \text{ cm}$
- $(\text{Largura da sapata} - \text{enx})/2 < 1,5 \text{ cm}$

sendo enx a largura das nervuras e H a altura da treliça adotada.

O aviso pode ser corrigido realizando as adequações nas dimensões adotadas para as vigas.

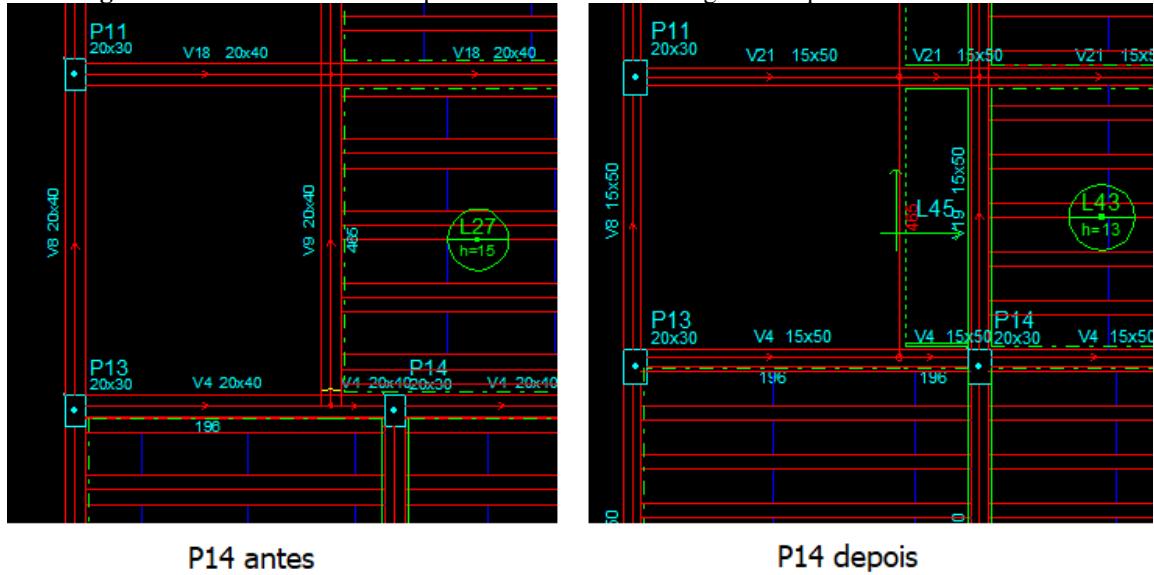
**Erro D05** – Pilares com esbeltez elevada podem ser corrigidos realizando um travamento lateral com vigas ou aumentando as dimensões da seção. Os pilares que geraram esse erro na varanda do primeiro pavimento foram travados com vigas na direção de maior esbeltez, resolvendo o erro.

**Aviso 10** – Esse aviso é gerado quando um lance superior de um pilar sofre esforços de momentos fletores elevados, requerendo uma armadura mais robusta, mesmo que haja um

carregamento axial reduzido em relação ao lance inferior. A solução é alterar a concepção da estrutura para reduzir os efeitos de flexão no pilar ou uniformizar a armadura para a prumada toda do pilar. Os pilares que apresentaram essa mensagem tiveram sua armadura uniformizada.

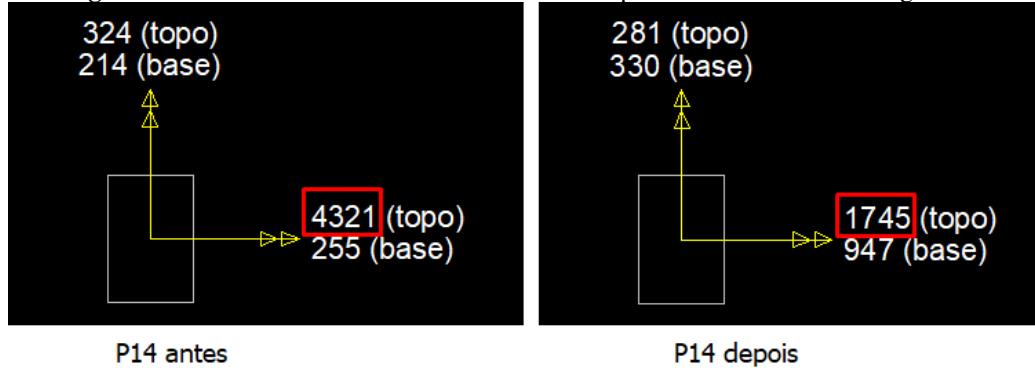
Pilares com taxa elevada de aço – Alguns dos pilares apresentaram armadura diferente da armadura mínima puderam ter sua taxa de armadura reduzida exemplificado no pilar P14. As Figuras 12 e 13 mostram respectivamente a mudança na concepção estrutural e sua consequente redução no momento fletor observado no pilar. Essa redução foi possível criando uma continuidade na viga V15 que estava gerando um momento fletor em apenas um lado do pilar, ao continuar a viga o momento fletor foi equilibrado, reduzindo a necessidade de armadura no pilar. A viga V9 foi removida e foram adicionadas lajes maciças em balanço engastadas em V19.

**Figura 12 – Pilar P14 antes e depois da continuidade da viga V19 equilibrando o momento fletor.**



Fonte: Autor (2022)

**Figura 13 – Momento fletor no Pilar P14 antes e depois da continuidade da viga V19.**



Fonte: Autor (2022)

### 3.3 Lançamento final

Na análise final da estrutura, após realizar as correções necessárias obteve-se as cargas verticais indicadas na Tabela 12.

<b>Tabela 12 – Cargas verticais</b>	
<b>Tipo de carregamento</b>	<b>Carga (kN)</b>
Peso próprio	2172,17
Adicional	2130,91
Acidental	903,17
Total	5206,25

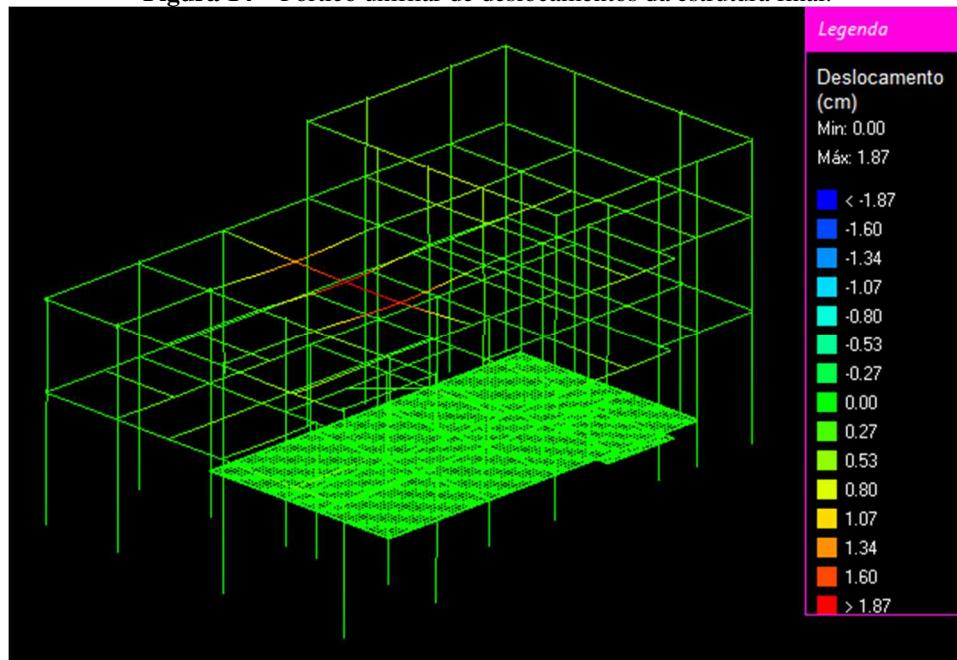
Fonte: Autor (2022)

A área aproximada das lajes da estrutura foi de 481,31 m<sup>2</sup>, tendo uma relação carregamento/área de 10,82 kN/m<sup>2</sup>. O Eberick recomenda que essa relação fique entre 8,8 e 12,7 kN/m<sup>2</sup>, esses valores não são estabelecidos por normas vigentes, sendo apenas uma convenção obtida através de práticas usuais de projeto.

Quase todas as vigas tiveram suas seções alteradas de 15x40 cm para 15x50 cm, com exceção das vigas de apoio do telhado da casa de máquinas, que foi reduzido para 15x30 cm por conta da baixa solicitação de cargas. Essa mudança foi necessária devido aos vãos longos em certas partes da estrutura e devido a aparição de momentos torsóres decorrentes dos apoios entre vigas, que foram necessários por conta da distribuição de pilares que não puderam ser lançados com alinhamento ideal devido às restrições arquitetônicas.

As lajes treliçadas tiveram as treliças TR08645 trocadas por TR08646 e os espaçamentos dos enchimentos alterados de 40 para 30 cm com o objetivo de reduzir flechas e distribuir melhor a carga nas vigotas para reduzir esforços cortantes no apoio das vigotas nas vigas.

O pórtico unifilar de deslocamentos do lançamento definitivo foi gerado como apresentado na Figura 14. É possível perceber a redução nos deslocamentos máximos, presentes principalmente na área da coberta onde se encontra a caixa d'água e no grande vão central.

**Figura 14 – Pórtico unifilar de deslocamentos da estrutura final.**

Fonte: Autor (2022)

Dos 32 pilares lançados, foi possível dimensionar 29 com armadura mínima após adotar soluções para reduzir momentos fletores e comprimento de flambagem em alguns dos pilares.

Na Tabela 13 está apresentado o resumo de consumo de materiais gerado pelo *software*.

**Tabela 13 – Resumo de consumo por material e por elemento.**

		Vigas	Pilares	Lajes	Escadas	Fundações	Total
<b>Peso total + 10% (kg)</b>	<b>CA50</b>	1781,5	807,1	258,4	49,2	814,4	3710,6
	<b>CA60</b>	497,5	390,4	441,6	0	0,0	1336,8
	<b>Total</b>	2279,0	1197,5	699,9	49,2	821,8	5047,3
<b>Volume concreto (m<sup>3</sup>)</b>	<b>C-30</b>	34,1	15,2	19,0	0,9	10,9	80,2
<b>Área de forma (m<sup>2</sup>)</b>		575,2	258,1	11,9	9,9	14	869,1
<b>Consumo de aço (kg/m<sup>3</sup>)</b>		66,7	78,8	36,8	55,6	75,3	63

Fonte: Autor (2022)

---

## 4 CONCLUSÕES

Em um projeto estrutural deve-se buscar atender todas as necessidades do usuário final, garantindo uma estrutura com segurança, boas condições de utilização, estética e custo. Para cumprir com esses critérios neste trabalho foram encontrados alguns desafios, o principal sendo garantir os limites de deslocamentos nos grandes vãos sem superdimensionar os elementos estruturais.

O uso de *softwares* como o Eberick, que embora sejam ferramentas indispensáveis para um engenheiro projetista nos dias de hoje, requer atenção e conhecimento técnico, pois ficou evidente durante a elaboração deste trabalho que não é possível depender completamente do *software* já que ele irá calcular e detalhar qualquer concepção estrutural lançada pelo usuário, sem levar em conta fatores como o bom aproveitamento do material e o custo de execução, podendo gerar elementos superdimensionados ou ineficientes, ficando essa análise a cargo do projetista.

Durante o andamento do projeto foram alteradas diversas vezes as seções dos elementos, posições de vigas, e pilares até ser encontrado o modelo estrutural adotado, que se mostrou adequado e atendendo todos os requisitos analisados. Entretanto, é de se esperar que com a aquisição de conhecimento e experiência seja possível desenvolver concepções estruturais e soluções que possivelmente resultariam em uma redução nas solicitações dos elementos estruturais e, consequentemente, das suas dimensões e consumo de materiais.

Com isso, entende-se que os objetivos propostos, ou seja, o desenvolvimento das habilidades práticas e a aquisição de conhecimento técnico durante a execução de um projeto estrutural em concreto armado com o uso do *software* de análise estrutural Eberick, foram atingidos.

---

## REFERÊNCIAS

ALTOQI. **Ajuda do Eberick**: Página inicial. Florianópolis, c2021. Disponível em: <http://help.altoqi.com.br/Eberick/default.aspx>. Acesso em: 29 de ago. de 2021.

ALTOQI. **Tutorial Eberick Básico**: Página inicial. Florianópolis, c2021. Disponível em: [http://help.altoqi.com.br/Tutorial\\_EB\\_Basico](http://help.altoqi.com.br/Tutorial_EB_Basico). Acesso em: 29 de ago. de 2021.

ARAÚJO, José Milton de. **Curso de concreto armado**. Vol. 4. 3<sup>a</sup> ed. Rio Grande: Editora Dunas, 2010. 323 p. ISBN: 978-85-86717-12-3

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6123**: Forças devido ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12721**: Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios — Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14859-3**: Lajes pré-fabricadas de concreto. Parte 3: Armadura treliçadas eletrossoldadas para lajes pré-fabricadas — Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de

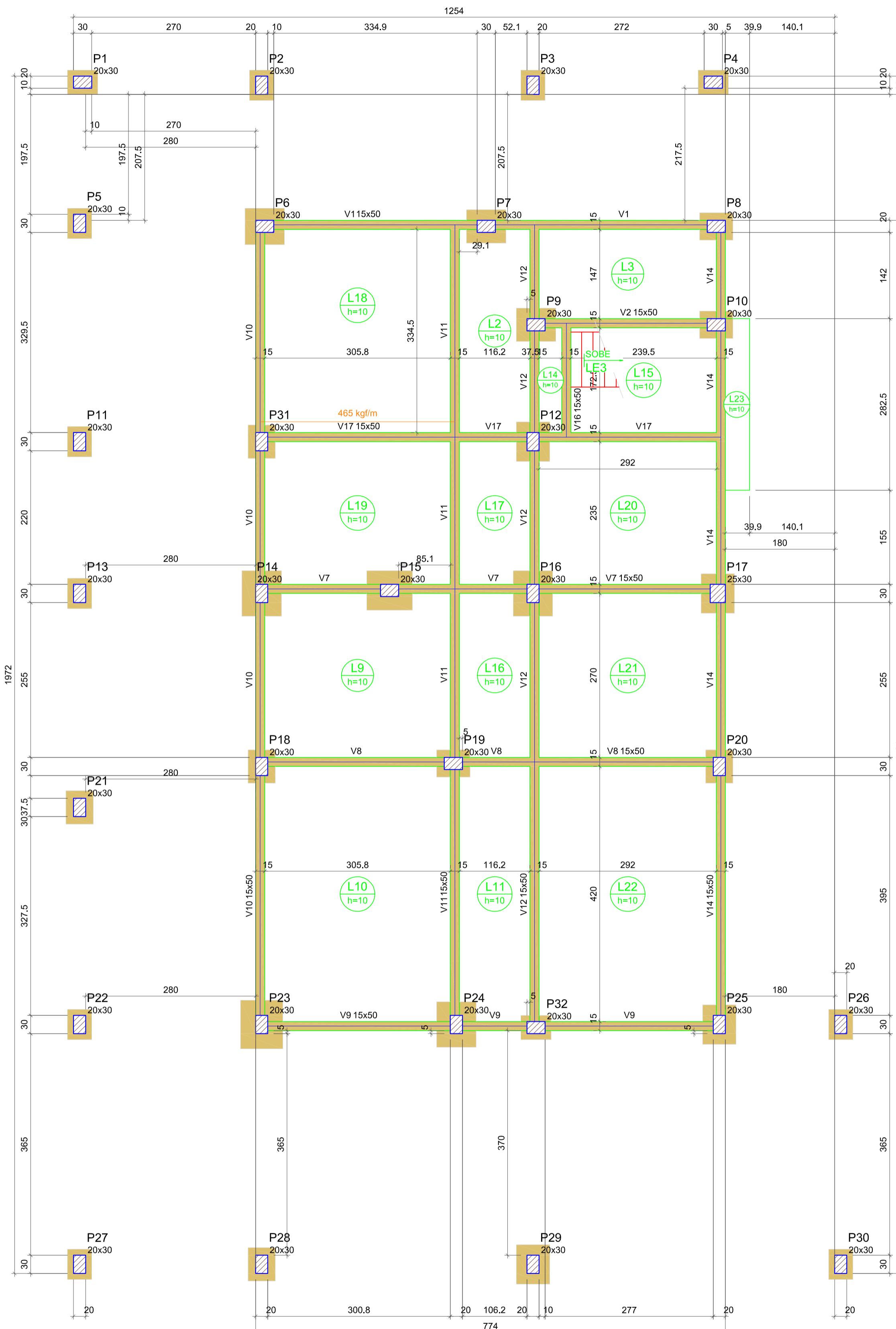
CARVALHO, Roberto Chust; FILHO, Jasson Rodrigues de Figueiredo. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**: Segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. São Carlos: EdUFSCar, 2014. 415 p. ISBN 978-85-7600-356-4.

KIMURA, Alio. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**: Cálculo de edifícios com o uso de sistemas computacionais. 2<sup>a</sup> edição. São Paulo: Editora Pini LTDA, 2007.

LEONHARDT, Fritz; MÖNNIG, Eduard. **Construções de concreto, vol. 1**: Princípios básicos do dimensionamento de estruturas de concreto armado. 2<sup>a</sup> reimpr. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 336 p. ISBN 978-85-7193-205-0

LONGO, Luis Filipe. **Instabilidade lateral**: conclusões. QISuporte, 2021. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360003921533>. Acesso em: 11 de abr. de 2022. vedação — Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

**APÊNDICE A – PRANCHAS DE FORMA E DETALHAMENTOS DE ARMADURA**



Forma do pavimento TÉRREO (Nível 0)

Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	15x50	0	0
V2	15x50	0	0
V7	15x50	0	0
V8	15x50	0	0
V9	15x50	0	0
V10	15x50	0	0
V11	15x50	0	0
V12	15x50	0	0
V14	15x50	0	0
V16	15x50	0	0
V17	15x50	0	0

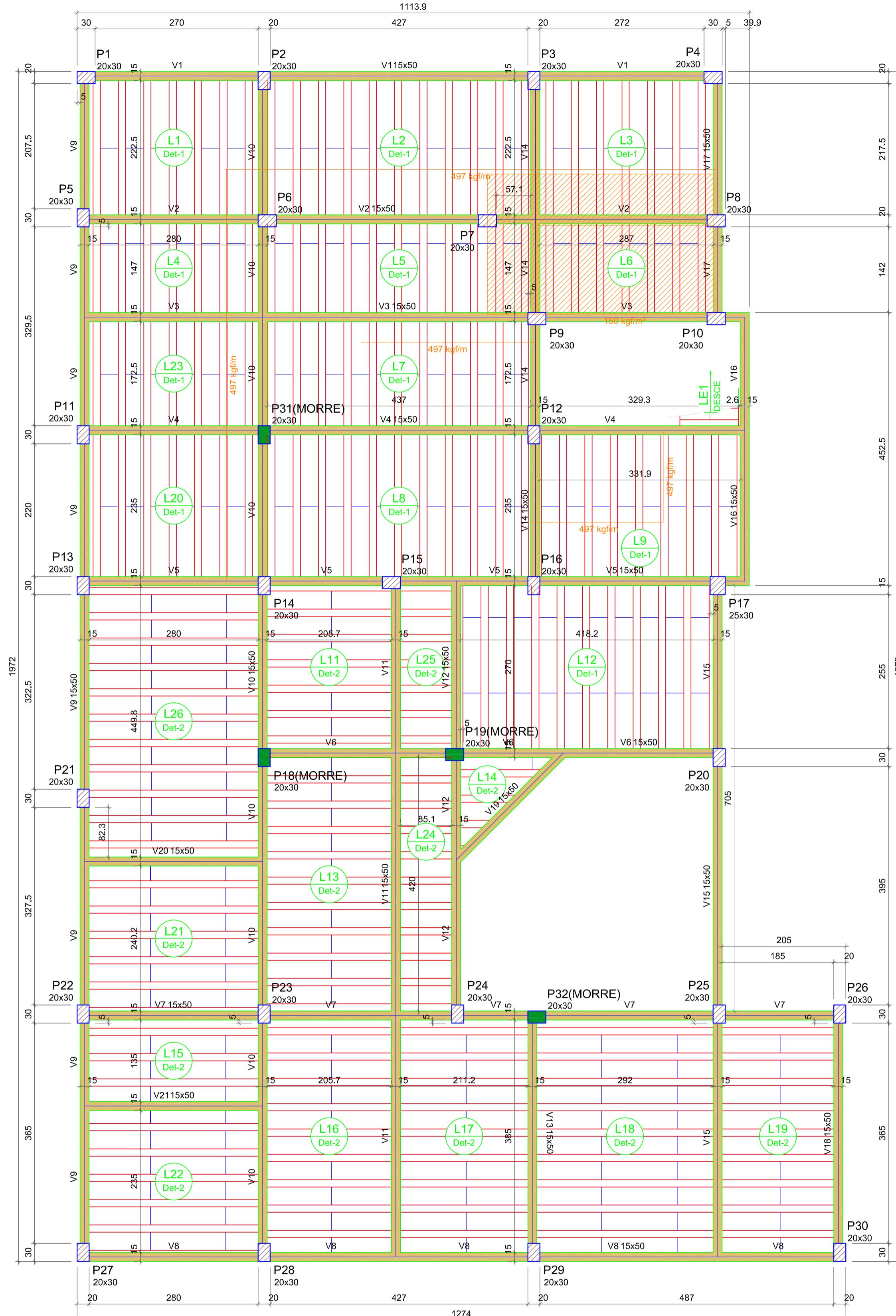
Lajes						
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kgf/m <sup>2</sup> )	
					Dados	Aditional
L2	Maciça	10	0	0	250	160
L3	Maciça	10	0	0	250	150
L9	Maciça	10	0	0	250	150
L10	Maciça	10	0	0	250	150
L11	Maciça	10	0	0	250	150
L14	Maciça	10	0	0	250	175
L15	Maciça	10	0	0	250	300
L16	Maciça	10	0	0	250	160
L17	Maciça	10	0	0	250	160
L18	Maciça	10	0	0	250	150
L19	Maciça	10	0	0	250	150
L20	Maciça	10	0	0	250	187
P12	20x30	15	147	147	LE3	sim
P16	20x30	15	235	235	L15	10
P17	25x30	15	39.9	140.1	L23	10
P18	20x30	15	292	292	L21	10
P19	20x30	15	420	420	L22	10
P20	20x30	15	395	395		

Características dos materiais	
fck (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ecs (kgf/cm <sup>2</sup> )
300	268384

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	0
P2	20x30	0	0
P3	20x30	0	0
P4	20x30	0	0
P5	20x30	0	0
P6	20x30	0	0
P7	20x30	0	0
P8	20x30	0	0
P9	20x30	0	0
P10	20x30	0	0
P11	20x30	0	0
P12	20x30	0	0
P13	20x30	0	0
P14	20x30	0	0
P15	20x30	0	0
P16	20x30	0	0
P17	25x30	0	0
P18	20x30	0	0
P19	20x30	0	0
P20	20x30	0	0
P21	20x30	0	0
P22	20x30	0	0
P23	20x30	0	0
P24	20x30	0	0
P25	20x30	0	0
P26	20x30	0	0
P27	20x30	0	0
P28	20x30	0	0
P29	20x30	0	0
P30	20x30	0	0
P31	20x30	0	0
P32	20x30	0	0

Legenda dos pilares		Legenda das vigas e paredes	



Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	15x50	0	285
V2	15x50	0	285
V3	15x50	0	285
V4	15x50	0	285
V5	15x50	0	285
V6	15x50	0	285
V7	15x50	0	285
V8	15x50	0	285
V9	15x50	0	285
V10	15x50	0	285
V11	15x50	0	285
V12	15x50	0	285
V13	15x50	0	285
V14	15x50	0	285
V15	15x50	0	285
V16	15x50	0	285
V17	15x50	0	285
V18	15x50	0	285
V19	15x50	0	285
V20	15x50	0	285
V21	15x50	0	285

Detalhe	Tipo	Nome	Blocos de enchimento				
			Dimensões(cm)	hb	bx	by	Quantidade
1/2	EPS Unidirecional	B8/30/125	8	30	125		387

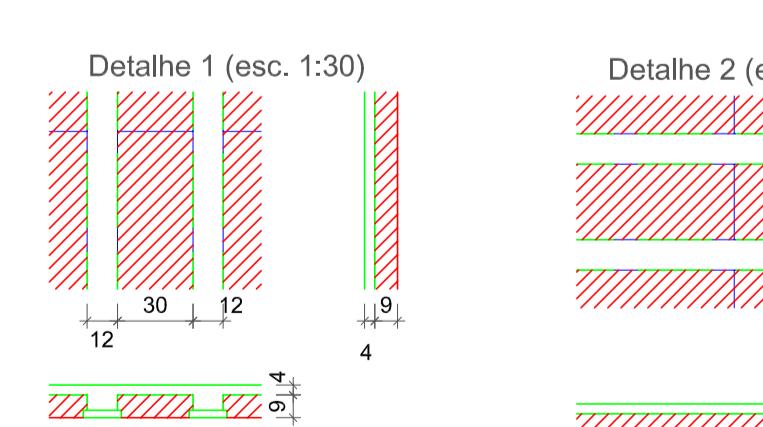
Lajes						
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Sobrecarga (kgf/m²)	
					Dados	Adicional
L1	Trelidata 1D	13	0	285	166	250 sim
L2	Trelidata 1D	13	0	285	166	250 sim
L3	Trelidata 1D	13	0	285	166	250 sim
L4	Trelidata 1D	13	0	285	166	250 sim
L5	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L6	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L7	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L8	Trelidata 1D	13	0	285	166	150 sim
L9	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L10	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
L11	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L12	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
L13	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L14	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
L15	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L16	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
L17	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L18	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
L19	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L20	Trelidata 1D	13	0	285	166	250 sim
L21	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L22	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
L23	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L24	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
L25	Trelidata 1D	13	0	285	166	160 sim
L26	Trelidata 1D	13	0	285	166	300 sim
LE1	Maciça	15	0	285	828	207 sim

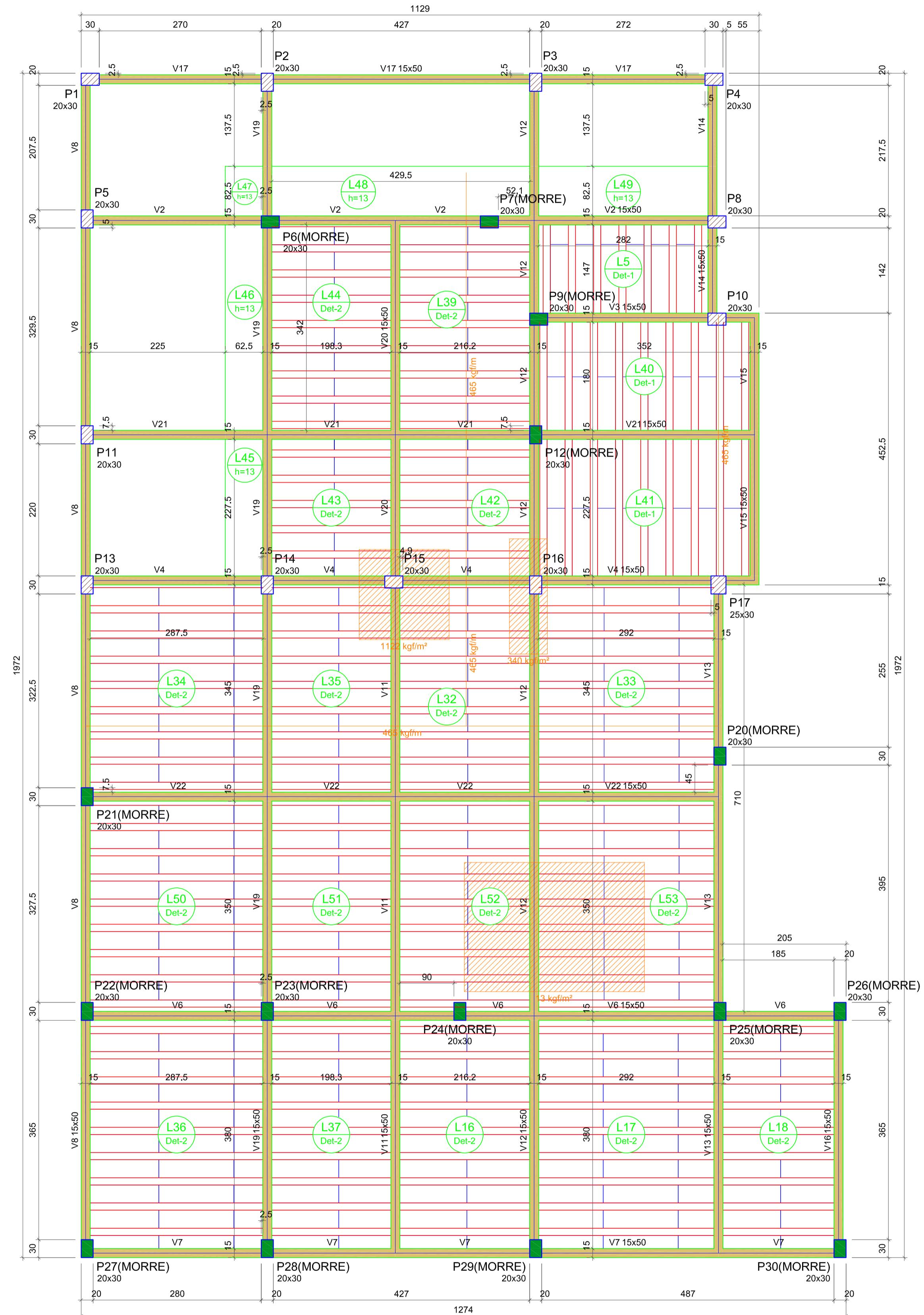
Características dos materiais		
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	
300	268384	

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	285
P2	20x30	0	285
P3	20x30	0	285
P4	20x30	0	285
P5	20x30	0	285
P6	20x30	0	285
P7	20x30	0	285
P8	20x30	0	285
P9	20x30	0	285
P10	20x30	0	285
P11	20x30	0	285
P12	20x30	0	285
P13	20x30	0	285
P14	20x30	0	285
P15	20x30	0	285
P16	20x30	0	285
P17	25x30	0	285
P18	20x30	0	285
P19	20x30	0	285
P20	20x30	0	285
P21	20x30	0	285
P22	20x30	0	285
P23	20x30	0	285
P24	20x30	0	285
P25	20x30	0	285
P26	20x30	0	285
P27	20x30	0	285
P28	20x30	0	285
P29	20x30	0	285
P30	20x30	0	285
P31	20x30	0	285
P32	20x30	0	285

Legenda dos pilares	
<span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Pilar que morre
<span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 10px; height: 10px;"></span>	Pilar que passa





# Forma do pavimento COBERTA (Nível 590)

escala 1:50

Vigas				
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	
V2	15x50	0	55	
V3	15x50	0	55	
V4	15x50	0	55	
V6	15x50	0	55	
V7	15x50	0	55	
V8	15x50	0	55	
V11	15x50	0	55	
V12	15x50	0	55	
V13	15x50	0	55	
V14	15x50	0	55	
V15	15x50	0	55	
V16	15x50	0	55	
V17	15x50	0	55	
V19	15x50	0	55	
V20	15x50	0	55	
V21	15x50	0	55	
V22	15x50	0	55	

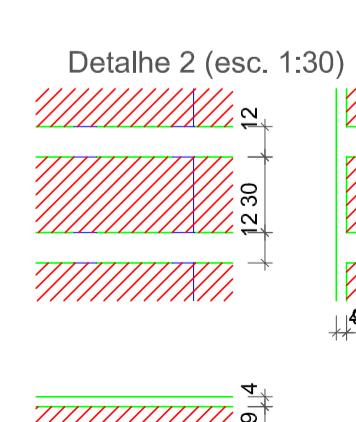
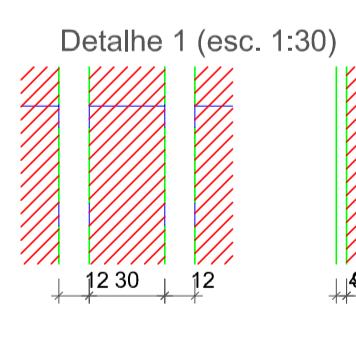
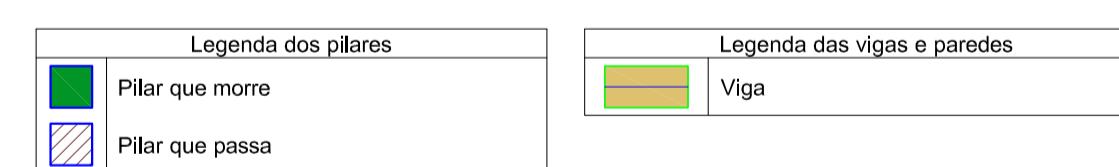
Blocos de enchimento						
Detalhe	Tipo	Nome	Dimensões(cm)		Quantidade	
			hb	bx		
1/2	EPS Unidirecional	B8/30/125	8	30	125	368

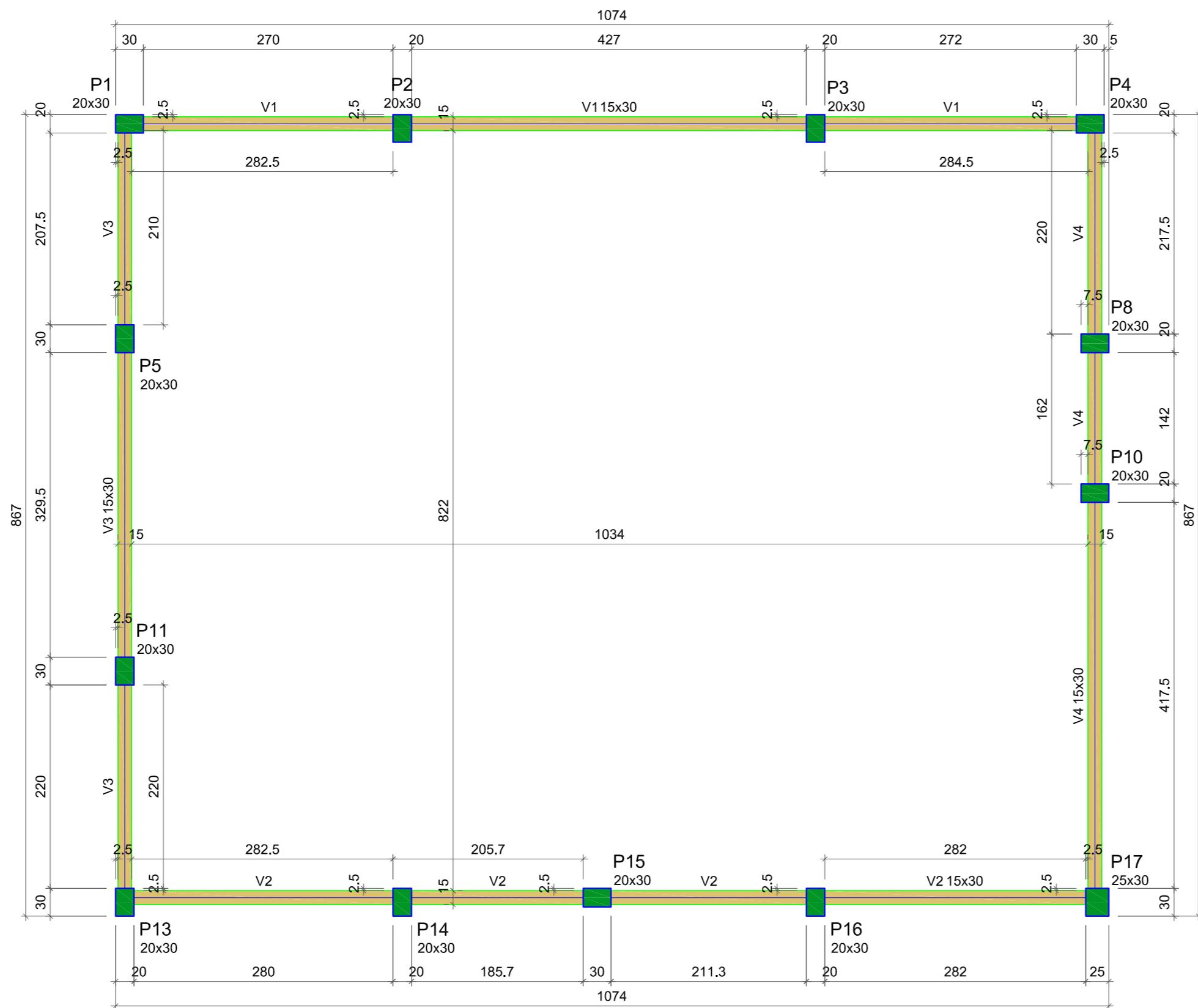
Lajes								
Dados						Sobrecarga (kgf/m²)		
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional	Acidental	Localizada
L5	Treliçada 1D	13	0	590	166	152	150	-
L16	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	-
L17	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	-
L18	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	-
L32	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	sim
L33	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	sim
L34	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	sim
L35	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	sim
L36	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	-
L37	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	-
L39	Treliçada 1D	13	0	590	166	137	150	sim
L40	Treliçada 1D	13	0	590	166	137	150	sim
L41	Treliçada 1D	13	0	590	166	137	150	sim
L42	Treliçada 1D	13	0	590	166	137	150	sim
L43	Treliçada 1D	13	0	590	166	137	150	sim
L44	Treliçada 1D	13	0	590	166	137	150	-
L45	Maciça	13	0	590	325	137	150	-
L46	Maciça	13	0	590	325	137	150	-
L47	Maciça	13	0	590	325	137	150	-
L48	Maciça	13	0	590	325	137	150	sim
L49	Maciça	13	0	590	325	137	150	-
L50	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	-
L51	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	-
L52	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	sim
L53	Treliçada 1D	13	0	590	166	238	100	sim

Características dos materiais	
fck (kgf/cm <sup>2</sup> )	Ecs (kgf/cm <sup>2</sup> )
300	268384

Dimensão máxima do agregado = 19 m

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	55
P2	20x30	0	55
P3	20x30	0	55
P4	20x30	0	55
P5	20x30	0	55
P6	20x30	0	55
P7	20x30	0	55
P8	20x30	0	55
P9	20x30	0	55
P10	20x30	0	55
P11	20x30	0	55
P12	20x30	0	55
P13	20x30	0	55
P14	20x30	0	55
P15	20x30	0	55
P16	20x30	0	55
P17	25x30	0	55
P20	20x30	0	55
P21	20x30	0	55
P22	20x30	0	55
P23	20x30	0	55
P24	20x30	0	55
P25	20x30	0	55
P26	20x30	0	55
P27	20x30	0	55
P28	20x30	0	55
P29	20x30	0	55
P30	20x30	0	55





Vigas			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
V1	15x30	0	840
V2	15x30	0	840
V3	15x30	0	840
V4	15x30	0	840

Características dos materiais	
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)
300	268384
Dimensão máxima do agregado = 19 mm	

Pilares			
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)
P1	20x30	0	840
P2	20x30	0	840
P3	20x30	0	840
P4	20x30	0	840
P5	20x30	0	840
P8	20x30	0	840
P10	20x30	0	840
P11	20x30	0	840
P13	20x30	0	840
P14	20x30	0	840
P15	20x30	0	840
P16	20x30	0	840
P17	25x30	0	840

Legenda dos pilares	
[Blue Box]	Pilar que morre
Legenda das vigas e paredes	
[Yellow Box]	Viga

Forma do pavimento CASA DE MÁQUINAS (Nível 840)

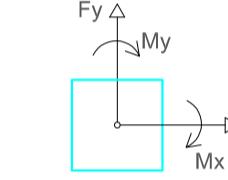
escala 1:50



Nome	Séção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Min. (tf)	Pilar		Fx Máximo (tf)	Fy Máximo (tf)
						Mx Máximo (kgf.m)	My Máximo (kgf.m)		
P1	20x30	15,00	-10,00	4,2	3,4	0	0	0,1	-0,2
P2	20x30	310,00	-15,00	8,1	6,9	0	0	0,1	0,0
P3	20x30	757,00	-15,00	10,1	8,6	0	0	0,1	0,0
P4	20x30	1054,00	-10,00	6,1	5,3	0	0	0,1	0,0
P5	20x30	10,00	-242,50	7,5	6,1	0	0	0,0	-0,2
P6	20x30	315,00	-247,50	22,6	18,1	0	0	0,2	-0,2
P7	20x30	679,94	-247,50	17,3	14,2	0	0	0,4	-0,4
P8	20x30	1059,00	-247,50	12,8	10,9	0	0	0,3	-0,1
P9	20x30	762,00	-409,50	15,4	12,5	0	0	0,1	-0,6
P10	20x30	1059,00	-409,50	13,6	11,5	0	0	0,4	-0,1
P11	20x30	10,00	-602,00	8,1	6,7	0	0	0,0	-0,2
P12	20x30	757,00	-602,00	17,2	13,8	0	0	0,2	-0,3
P13	20x30	10,00	-852,00	10,1	8,5	0	0	0,0	-0,2
P14	20x30	310,00	-852,00	22,2	18,2	0	0	0,2	-0,3
P15	20x30	520,00	-852,00	21,2	18,0	0	0	0,4	-0,5
P16	20x30	571,00	-852,00	24,5	20,0	0	0	0,3	-0,3
P17	25x30	108,150	-852,00	15,9	15,5	0	0	0,2	-0,2
P18	20x30	310,00	-1137,00	13,9	9,7	0	0	0,2	-0,3
P19	20x30	625,80	-1132,00	12,4	9,1	0	0	0,4	-0,3
P20	20x30	1064,00	-1137,00	13,5	11,9	0	0	0,2	-0,1
P21	20x30	10,00	-1204,50	12,6	10,4	0	0	0,1	0,0
P22	20x30	10,00	-1562,00	11,1	8,6	0	0	0,1	0,0
P23	20x30	310,00	-1562,00	30,8	23,2	0	0	0,2	-0,2
P24	20x30	630,80	-1562,00	25,6	20,1	0	0	0,3	-0,2
P25	20x30	1064,00	-1562,00	20,2	16,4	0	0	0,2	-0,4
P26	20x30	1264,00	-1562,00	4,4	3,4	0	0	0,1	0,0
P27	20x30	10,00	-1957,00	5,7	4,5	0	0	0,1	0,0
P28	20x30	310,00	-1957,00	11,9	8,9	0	0	0,1	0,0
P29	20x30	757,00	-1957,00	15,0	11,0	0	0	0,1	0,0
P30	20x30	1264,00	-1957,00	8,0	6,2	0	0	0,1	0,0
P31	20x30	310,00	-602,00	13,7	10,8	0	0	0,2	-0,1
P32	20x30	762,00	-1567,00	8,5	6,5	0	0	0,4	-0,5

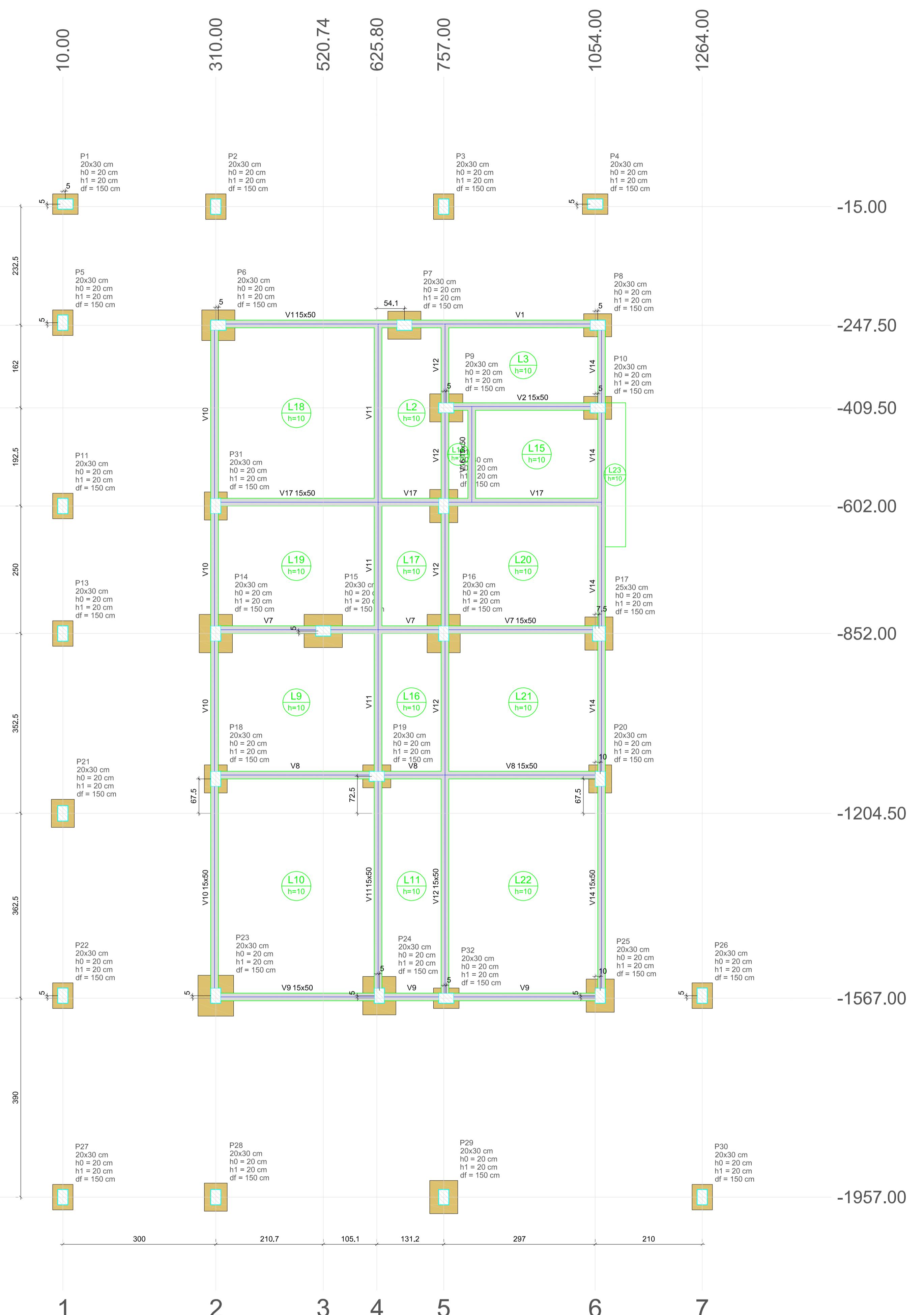
Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.

Nome	Séção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Pilar nascendo	
				Fy	My
P1	20x30	15,00	-10,00	4,2	3,4



Locação no eixo X	Coordenadas (cm)	Locação no eixo Y	
		Nome	Coordenadas (cm)
P5, P11, P13, P21, P22, P27	10,00	P1, P4	-10,00
P1, P2, P3	15,00	P5	-15,00
P6, P7, P8	310,00	P14, P18, P23, P28	-242,50
P9, P10	315,00	P16, P29	-247,50
P15	520,74	P15	-409,50
P11, P31, P12	625,80	P19	-602,00
P17	630,80	P24	-847,00
P13, P14, P16, P29	679,94	P7	-852,00
P18, P20	762,00	P9, P32	-1132,00
P21	1054,00	P21	-1204,50
P17	1059,00	P17	-1367,00
P22, P23, P24, P25, P26	1061,00	P20, P25	-1562,00
P27, P28, P29, P30	1264,00	P26, P30	-1567,00

Locação no eixo Y	Coordenadas (cm)	Locação no eixo X	
		Nome	Coordenadas (cm)
P1, P4	-10,00	P5, P11, P13, P21, P22, P27	10,00
P5	-15,00	P1, P2, P3	15,00
P6, P7, P8	-242,50	P6, P7, P8	310,00
P9, P10	-247,50	P9, P10	315,00
P15	-409,50	P15	520,74
P11, P31, P12	-602,00	P11, P31, P12	625,80
P17	-847,00	P17	630,80
P13, P14, P16, P29	-852,00	P13, P14, P16, P29	679,94
P18, P20	-1132,00	P18, P20	762,00
P21	-1204,50	P21	1054,00
P17	-1367,00	P17	1059,00
P22, P23, P24, P25, P26	-1562,00	P22, P23, P24, P25, P26	1061,00
P27, P28, P29, P30	-1567,00	P27, P28, P29, P30	1264,00

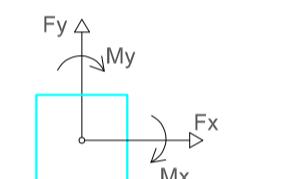
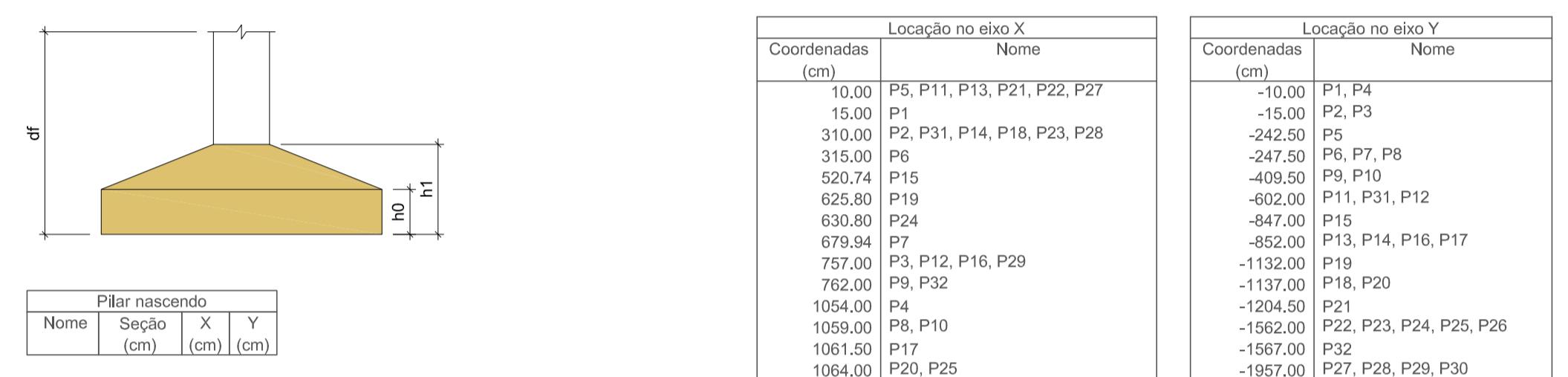


Planta de locação

escala 1:50

Pilar												Fundação					
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)	Carga Max. (tf)	Carga Min. (tf)	Mx Máximo (kgf.cm)	My Máximo (kgf.cm)	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Lado A (cm)	Lado B (cm)	h1 / h2 (cm)	df (cm)		
P1	20x30	15.00	-10.00	4.2	3.4	0	0	0	0	-0.2	0.1	0.0	40	50	20	150	
P2	20x30	310.00	-15.00	8.1	6.9	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	40	50	20	150	
P3	20x30	757.00	-15.00	10.1	8.6	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	40	50	20	150	
P4	20x30	1054.00	-10.00	6.1	5.3	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	40	50	20	150	
P5	20x30	10.00	-242.50	7.5	6.1	0	0	0	0	0.0	-0.2	0.1	0.0	40	50	20	150
P6	20x30	315.00	-247.50	22.6	18.1	0	0	0	0	0.2	-0.2	0.2	0.0	60	65	20	150
P7	20x30	679.94	-247.50	17.3	14.2	0	0	0	0	0.4	-0.4	0.1	-0.2	55	65	20	150
P8	20x30	1059.00	-247.50	12.8	10.9	0	0	0	0	0.3	-0.1	0.1	-0.2	45	55	20	150
P9	20x30	762.00	-409.50	15.4	12.5	0	0	0	0	0.1	-0.6	0.2	-0.1	55	65	20	150
P10	20x30	1059.00	-409.50	13.6	11.5	0	0	0	0	0.4	-0.1	0.2	-0.2	45	55	20	150
P11	20x30	10.00	-602.00	8.1	6.7	0	0	0	0	0.0	-0.2	0.1	-0.2	40	50	20	150
P12	20x30	757.00	-602.00	17.2	13.8	0	0	0	0	0.2	-0.3	0.3	-0.2	65	75	20	150
P13	20x30	10.00	-852.00	10.1	8.5	0	0	0	0	0.0	-0.2	0.1	0.0	40	50	20	150
P14	20x30	310.00	-852.00	22.2	18.2	0	0	0	0	0.2	-0.3	0.3	-0.3	65	75	20	150
P15	20x30	520.74	-847.00	21.2	18.0	0	0	0	0	0.4	-0.5	0.1	0.0	65	75	20	150
P16	20x30	757.00	-852.00	24.5	20.0	0	0	0	0	0.3	-0.3	0.3	-0.1	65	75	20	150
P17	25x30	1061.50	-852.00	18.9	15.5	0	0	0	0	0.3	-0.2	0.2	-0.2	55	65	20	150
P18	20x30	310.00	-1137.00	13.9	9.7	0	0	0	0	0.2	-0.3	0.3	-0.3	45	55	20	150
P19	20x30	625.80	-1132.00	12.4	9.1	0	0	0	0	0.4	-0.3	0.1	-0.1	45	55	20	150
P20	20x30	1064.00	-1137.00	13.5	11.9	0	0	0	0	0.2	-0.1	0.3	-0.1	45	55	20	150
P21	20x30	10.00	-1204.50	12.6	10.4	0	0	0	0	0.1	0.0	0.1	0.0	45	55	20	150
P22	20x30	10.00	-1562.00	11.1	8.6	0	0	0	0	0.1	0.0	0.1	0.0	40	50	20	150
P23	20x30	310.00	-1562.00	30.8	23.2	0	0	0	0	0.2	-0.3	0.2	-0.3	70	80	20	150
P24	20x30	630.80	-1562.00	25.6	20.1	0	0	0	0	0.3	-0.3	0.3	-0.2	65	75	20	150
P25	20x30	1064.00	-1562.00	20.2	16.4	0	0	0	0	0.2	-0.1	0.0	-0.4	55	65	20	150
P26	20x30	1204.50	-1562.00	4.4	3.4	0	0	0	0	0.1	0.0	0.1	0.0	50	60	20	150
P27	20x30	10.00	-1957.00	5.7	4.5	0	0	0	0	0.1	0.0	0.1	-0.2	40	50	20	150
P28	20x30	310.00	-1957.00	11.9	8.9	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	-0.3	45	55	20	150
P29	20x30	757.00	-1957.00	15.0	11.0	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	-0.3	55	65	20	150
P30	20x30	1264.00	-1957.00	8.0	6.2	0	0	0	0	0.1	0.0	0.0	0.0	40	50	20	150
P31	20x30	310.00	-602.00	13.7	10.8	0	0	0	0	0.2	-0.1	0.3	-0.3	45	55	20	150
P32	20x30	762.00	-1567.00	8.5	6.5	0	0	0	0	0.4	-0.5	0.0	-0.3	40	50	20	150

Os esforços indicados nesta tabela são os valores máximos obtidos pela envoltória de todas as combinações definidas para as fundações. Para análises complementares, deve-se consultar o relatório de esforços na fundação, que apresenta os valores calculados para cada combinação.



Pilar nascendo			
Nome	Seção (cm)	X (cm)	Y (cm)
P1	20x30	15.00	-10.00

## RELAÇÃO DO AÇO

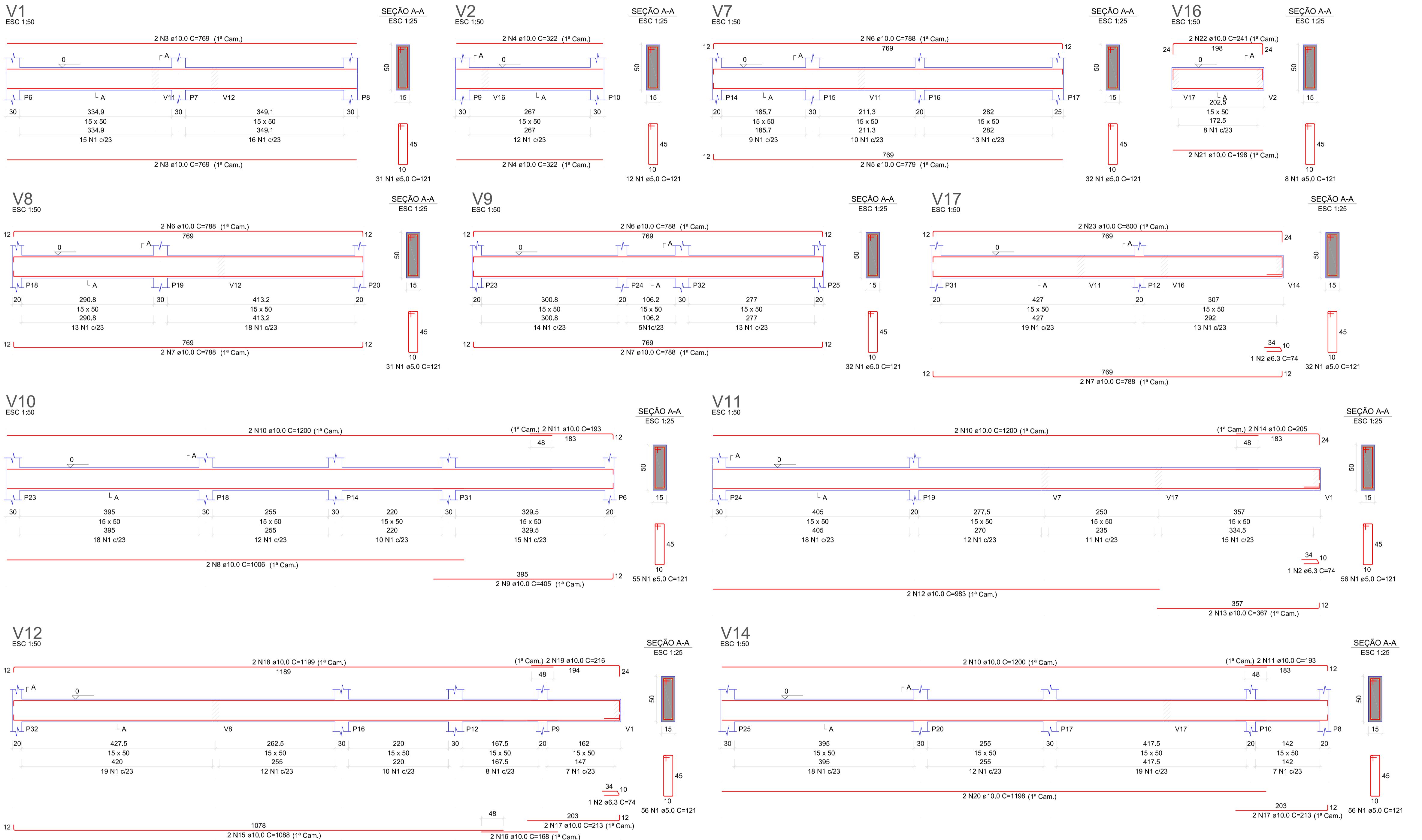
V1 V2 V7  
V8 V9 V10  
V11 V12 V14  
V16 V17

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT	C.TOTAL
CA60	1	5,0	401	121	48521
CA50	2	6,3	3	74	222
	3	10,0	4	769	3076
	4	10,0	4	322	1288
	5	10,0	2	779	1558
	6	10,0	6	788	4728
	7	10,0	6	788	4728
	8	10,0	2	1006	2012
	9	10,0	2	405	810
	10	10,0	6	1200	7200
	11	10,0	4	193	772
	12	10,0	2	986	1966
	13	10,0	2	367	734
	14	10,0	2	205	410
	15	10,0	2	1088	2176
	16	10,0	2	168	336
	17	10,0	2	213	432
	18	10,0	2	1198	2388
	19	10,0	2	216	432
	20	10,0	2	1198	2396
	21	10,0	2	198	396
	22	10,0	2	241	482
	23	10,0	2	800	1600

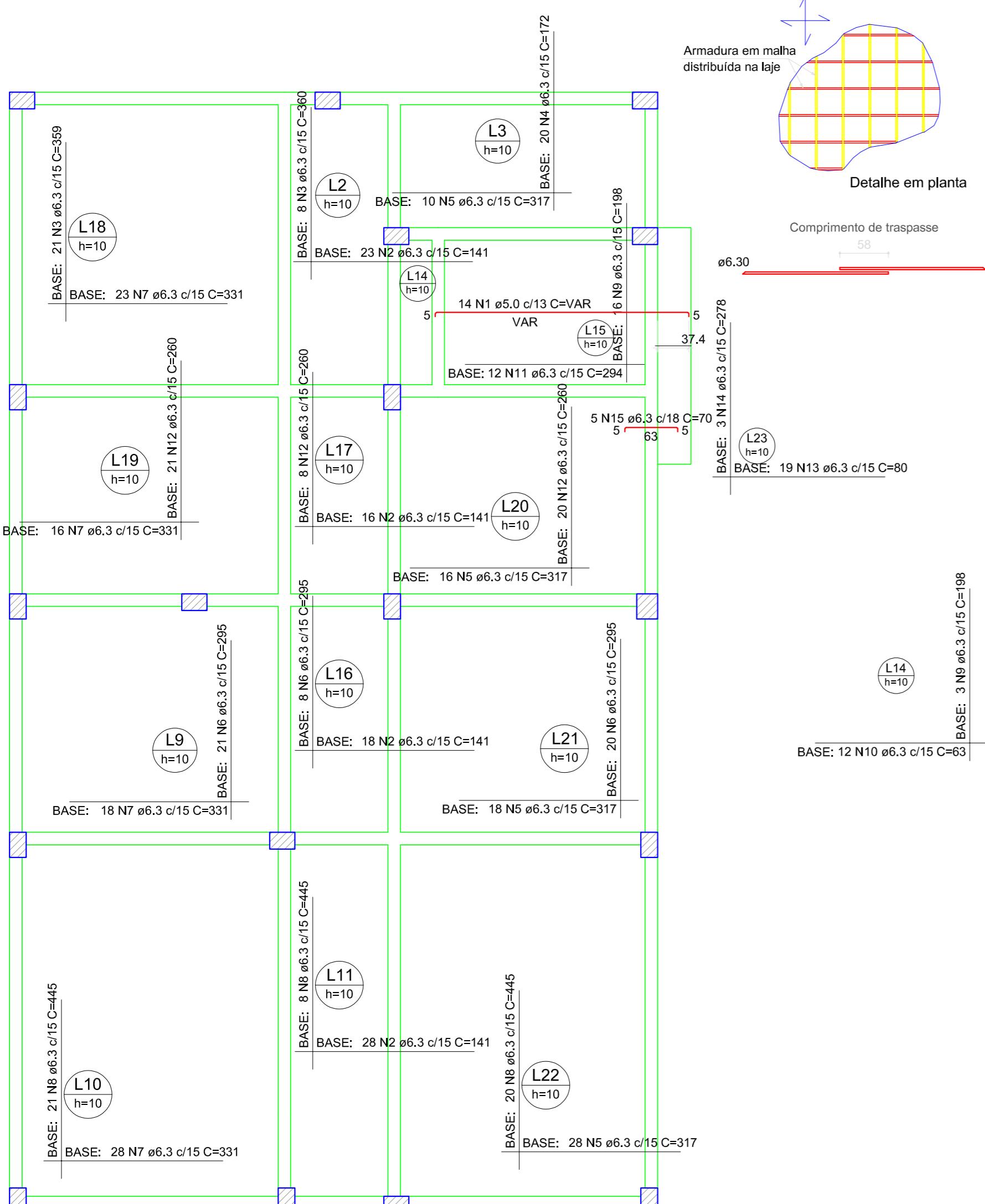
## RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	6,3	2,2	1	0,6
CA60	10,0	403,5	37	273,7
PESO TOTAL (kg)	CA50 274,2 CA60 82,3	485,2	-	82,3

Volume de concreto (C-30) = 6,64 m<sup>3</sup>  
Área da forma = 112,21 m<sup>2</sup>



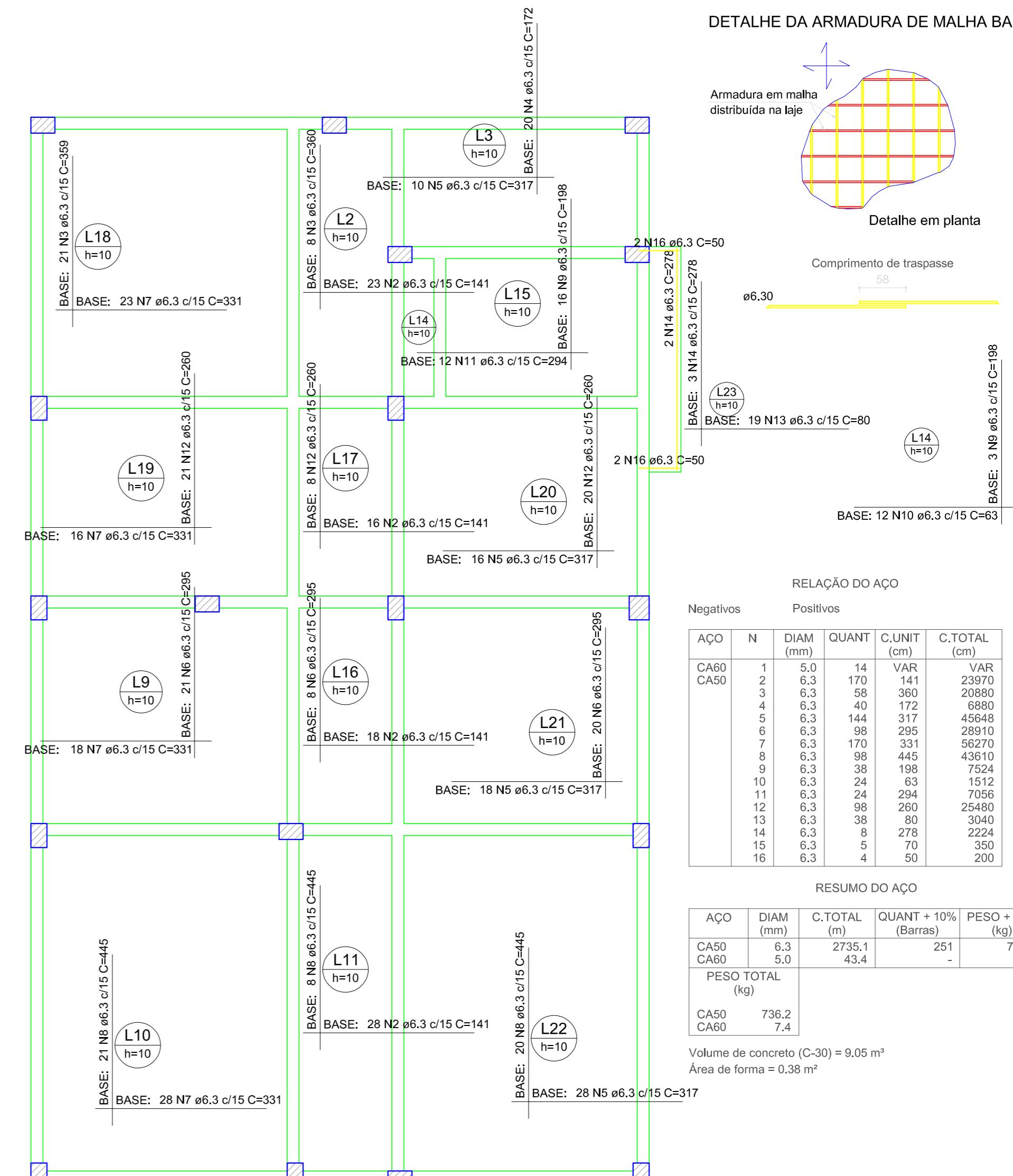
## DETALHE DA ARMADURA DE MALHA BASE



## Armação superior do radier do pavimento TÉRREO

escala 1:50

## DETALHE DA ARMADURA DE MALHA BASE



## Armação inferior do radier do pavimento TÉRREO

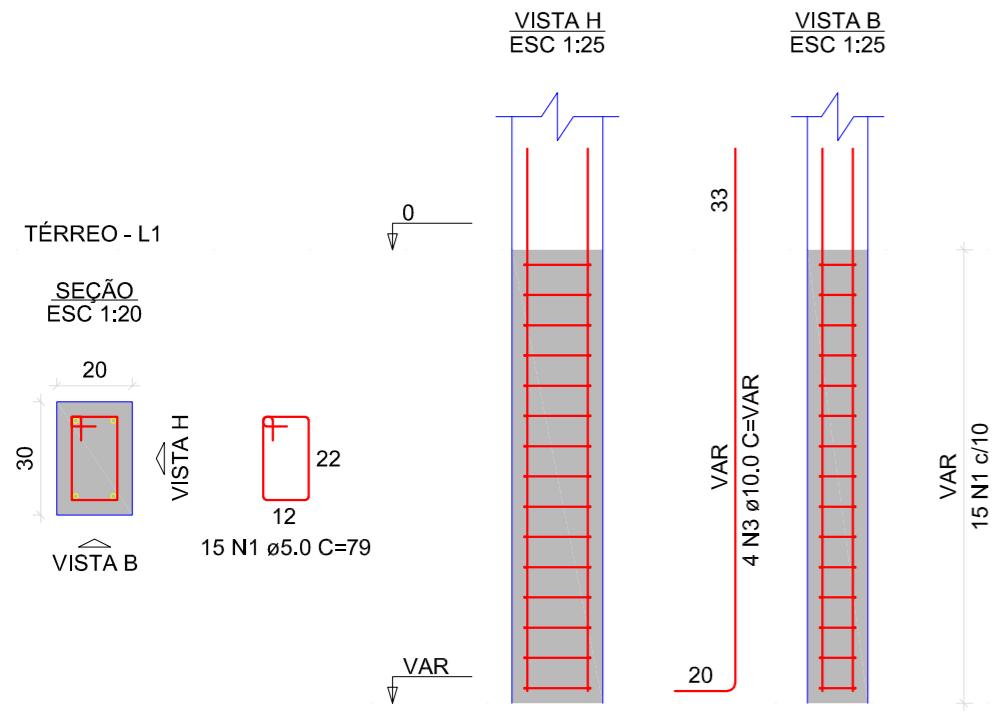
escala 1:50

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	14	VAR	VAR
CA50	2	6.3	170	141	23970
	3	6.3	58	360	20880
	4	6.3	40	172	6880
	5	6.3	144	317	45648
	6	6.3	98	295	28910
	7	6.3	170	331	56270
	8	6.3	98	445	43610
	9	6.3	38	198	7524
	10	6.3	24	63	1512
	11	6.3	24	294	7056
	12	6.3	98	260	25480
	13	6.3	38	80	3040
	14	6.3	8	278	2224
	15	6.3	5	70	350
	16	6.3	4	50	200

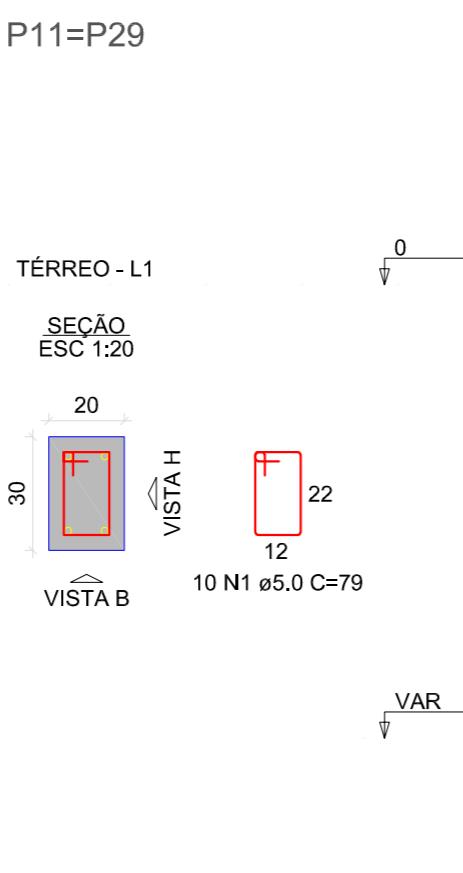
RESUMO DO AÇO				
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	2735.1	251	736.2
CA60	5.0	43.4	-	7.4

Volume de concreto (C-30) = 9.05 m<sup>3</sup>  
Área de forma = 0.38 m<sup>2</sup>

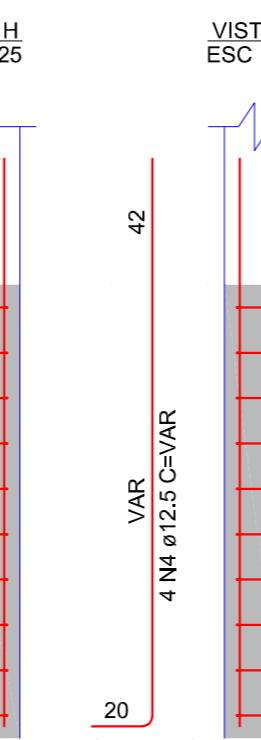
P1=P2=P3=P4=P5=P6=P7=P8=P9=  
 =P10=P12=P13=P14=P15=P16=  
 =P18=P19=P20=P22=P23=P24=  
 =P25=P26=P27=P28=P30=P31=  
 =P32



P11=P29

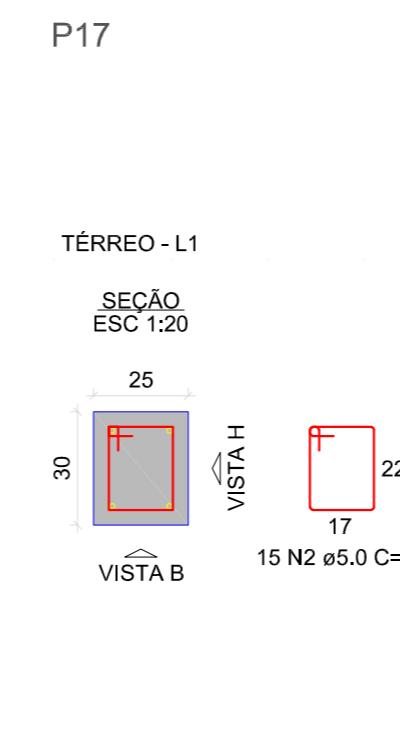


VISTA H  
ESC 1:25

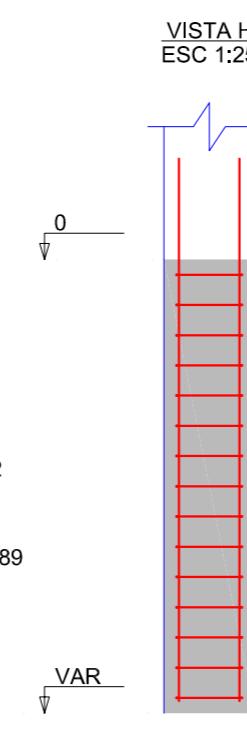


VISTA B  
ESC 1:25

P17

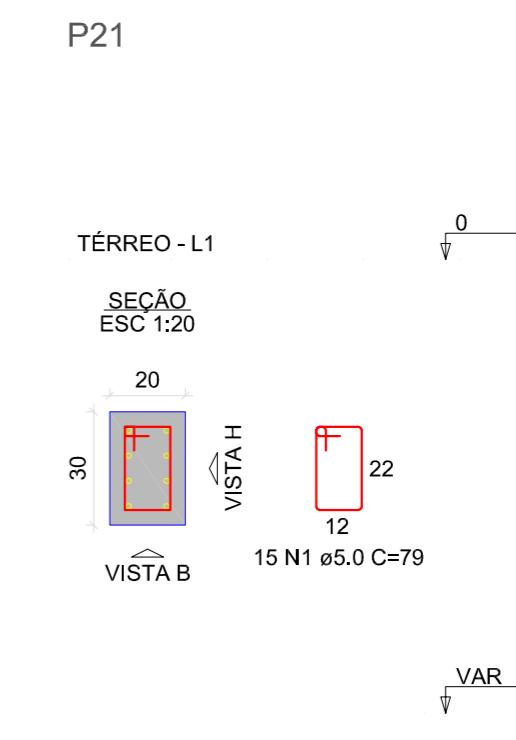


VISTA H  
ESC 1:25

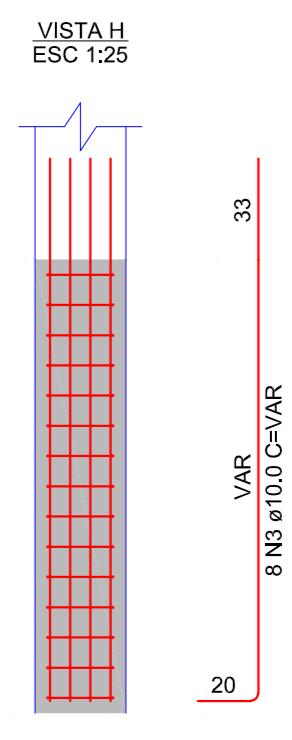


VISTA B  
ESC 1:25

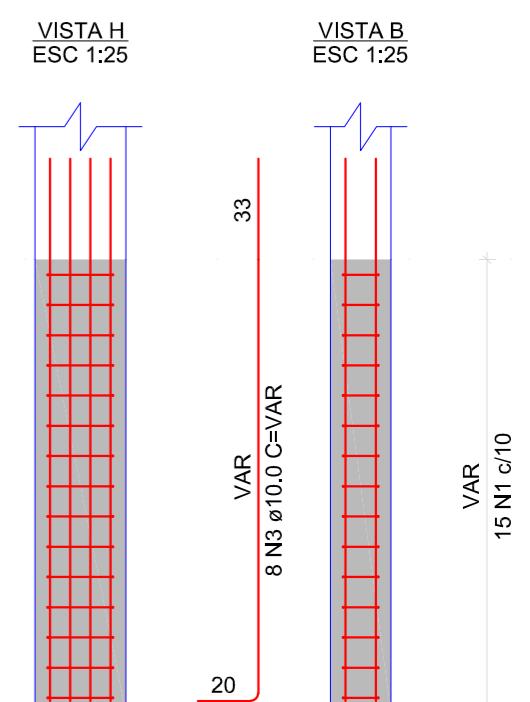
P21



VISTA H  
ESC 1:25



VISTA B  
ESC 1:25



RELAÇÃO DO AÇO  
28xP1  
2xP11  
P21  
P17

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	455	79	35945
CA50	2	5.0	15	89	1335
CA50	3	10.0	124	VAR	VAR
CA60	4	12.5	8	VAR	VAR

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	244.3		165.7
CA60	12.5	16.4	2	17.4
PESO TOTAL (kg)				63.2
CA50 183				
CA60 63.2				

Volume de concreto (C-30) = 2.52 m<sup>3</sup>  
 Área de forma = 48.15 m<sup>2</sup>

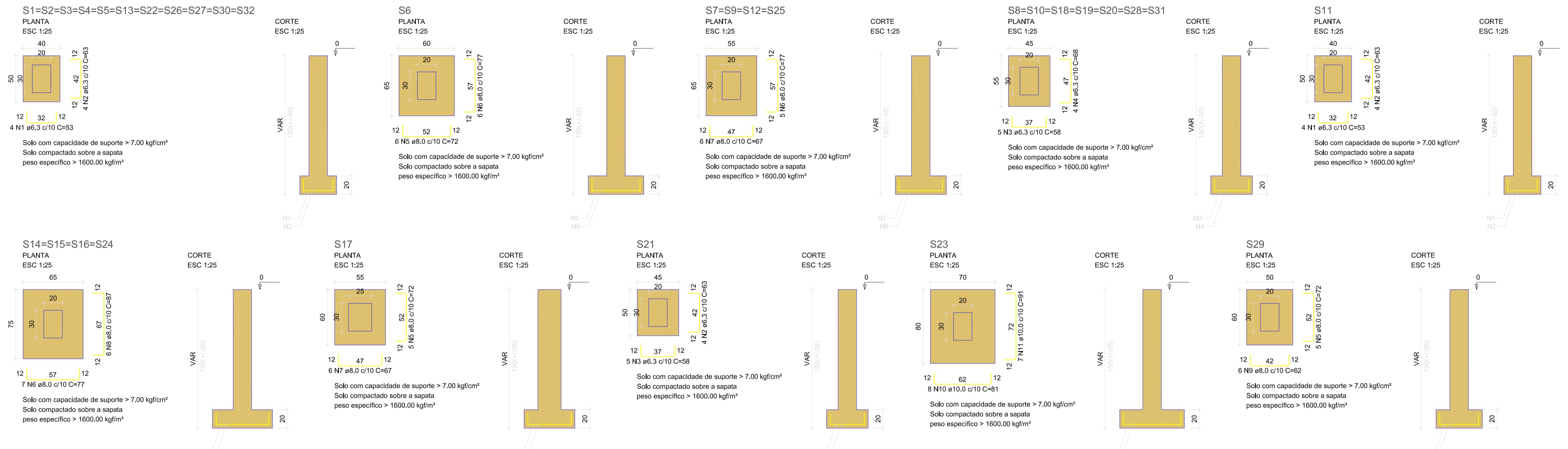
RELAÇÃO DO AÇO  
 11xS1 S6 Tg310  
 S11 S17 S21  
 S23 4xS24  
 S29

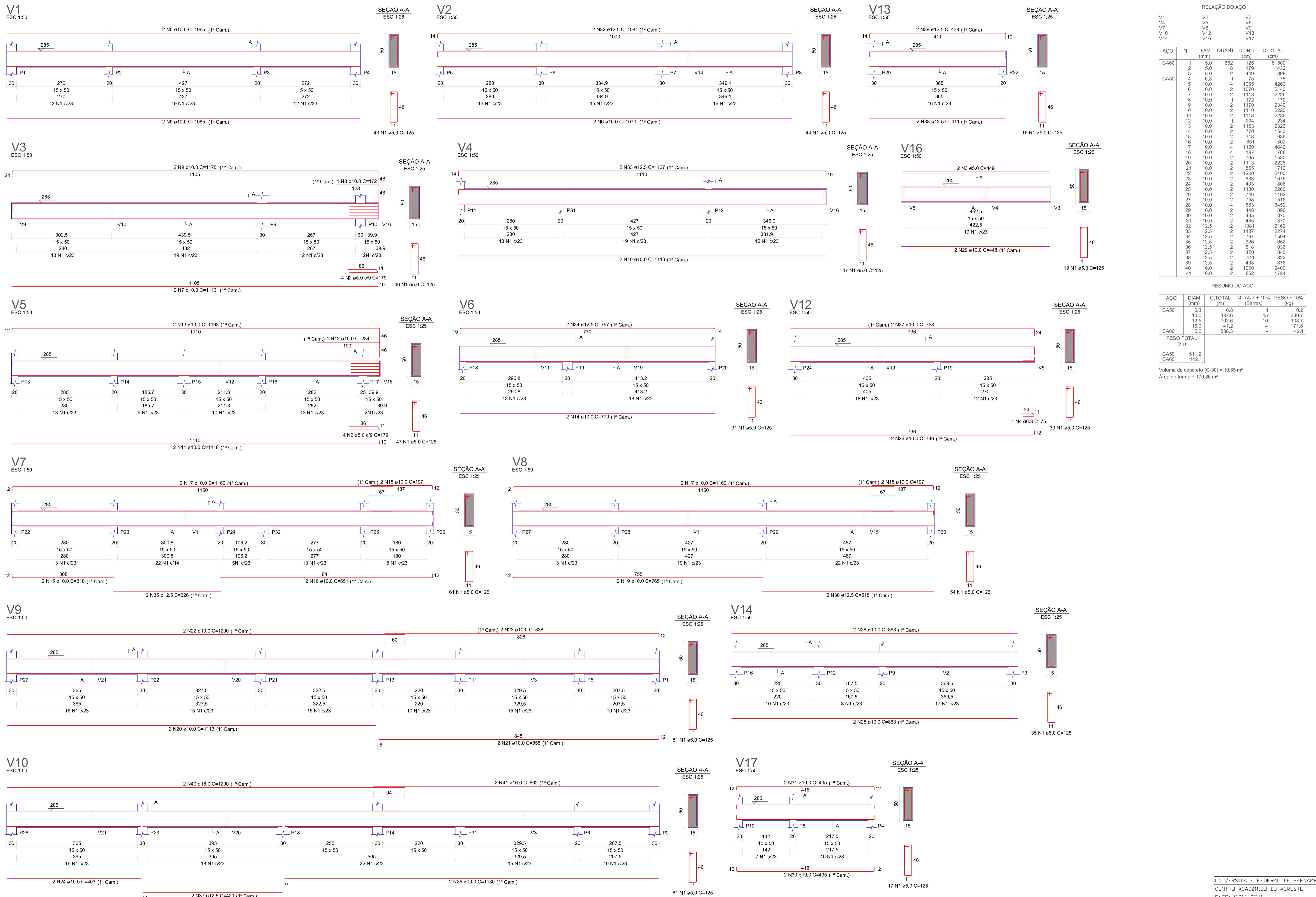
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	48	53	2544
	2	6.3	52	63	3276
	3	6.3	40	58	2320
	4	6.3	28	68	1904
	5	8.0	16	72	1152
	6	8.0	54	77	4158
	7	8.0	30	67	2010
	8	8.0	24	67	2038
	9	8.0	6	37	372
	10	10.0	8	81	648
	11	10.0	7	91	637

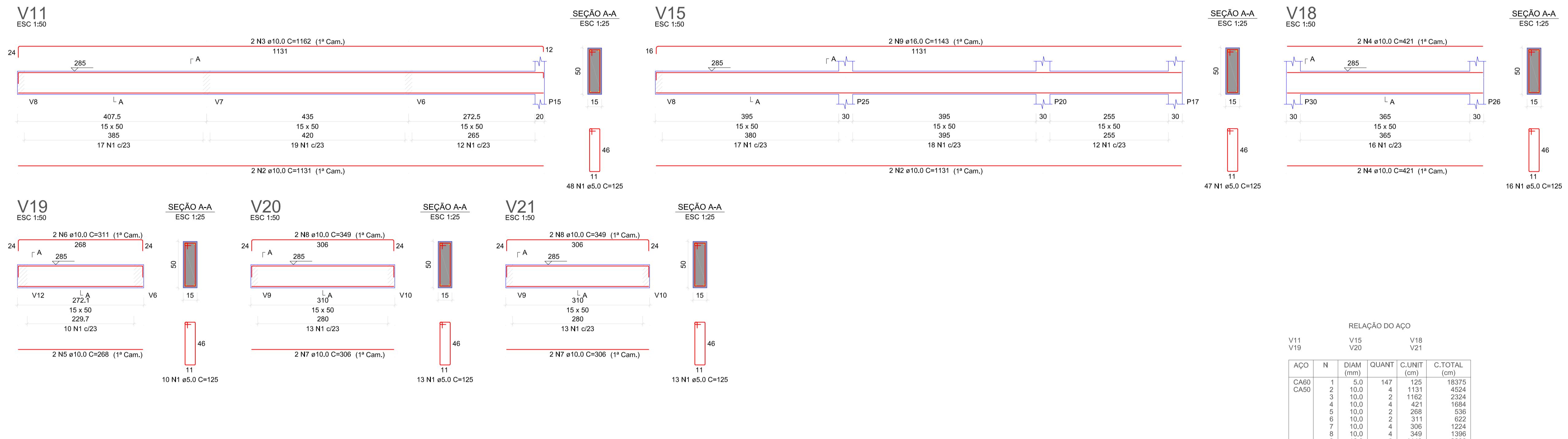
RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10%	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	100.4	10	27
	8.0	97.8	9	42.4
	10.0	12.8	2	8.7
PESO TOTAL (kg)				78.2

Volume de concreto (C-30) = 1.86 m<sup>3</sup>  
 Área de forma = 13.66 m<sup>2</sup>





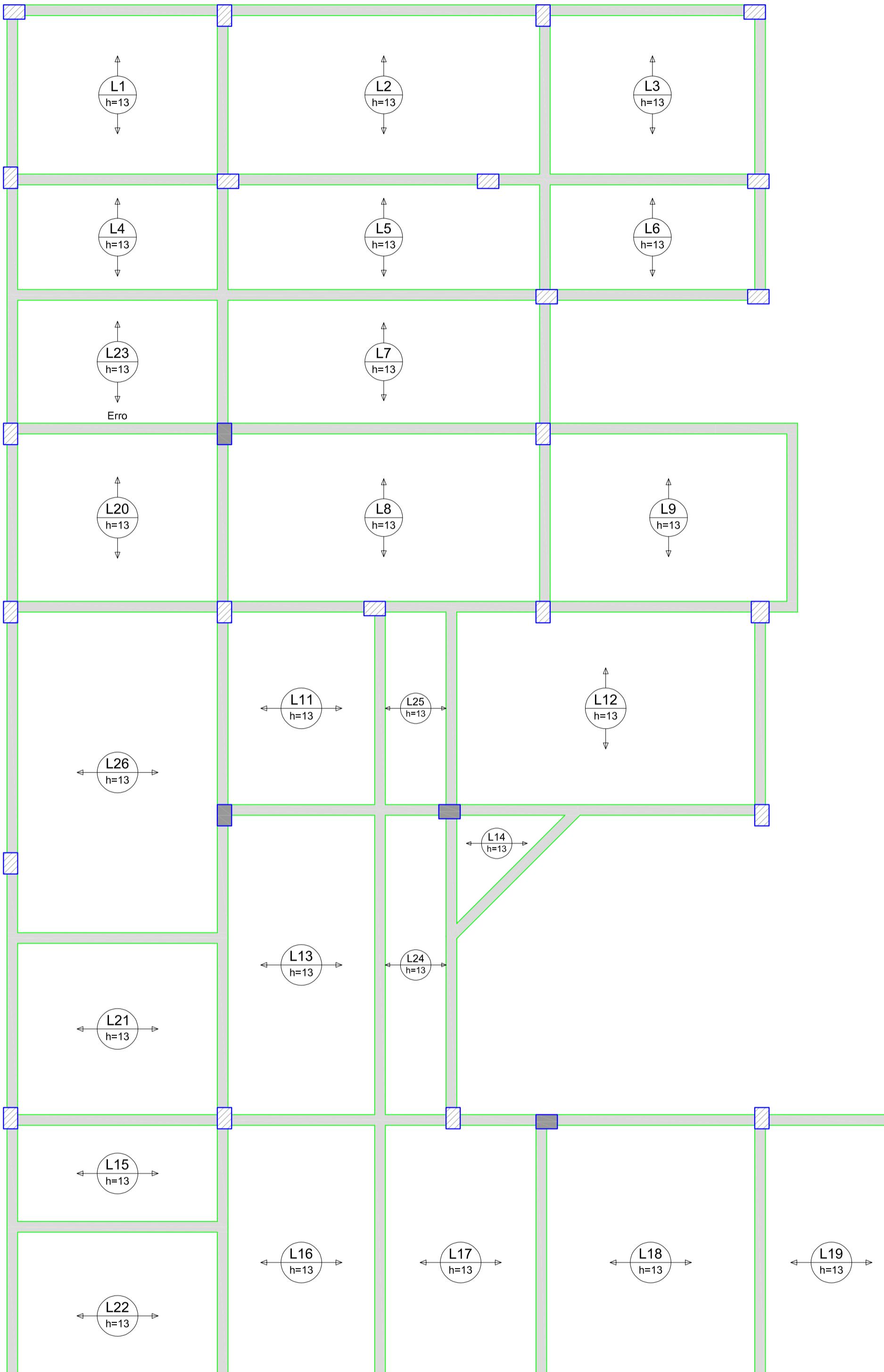
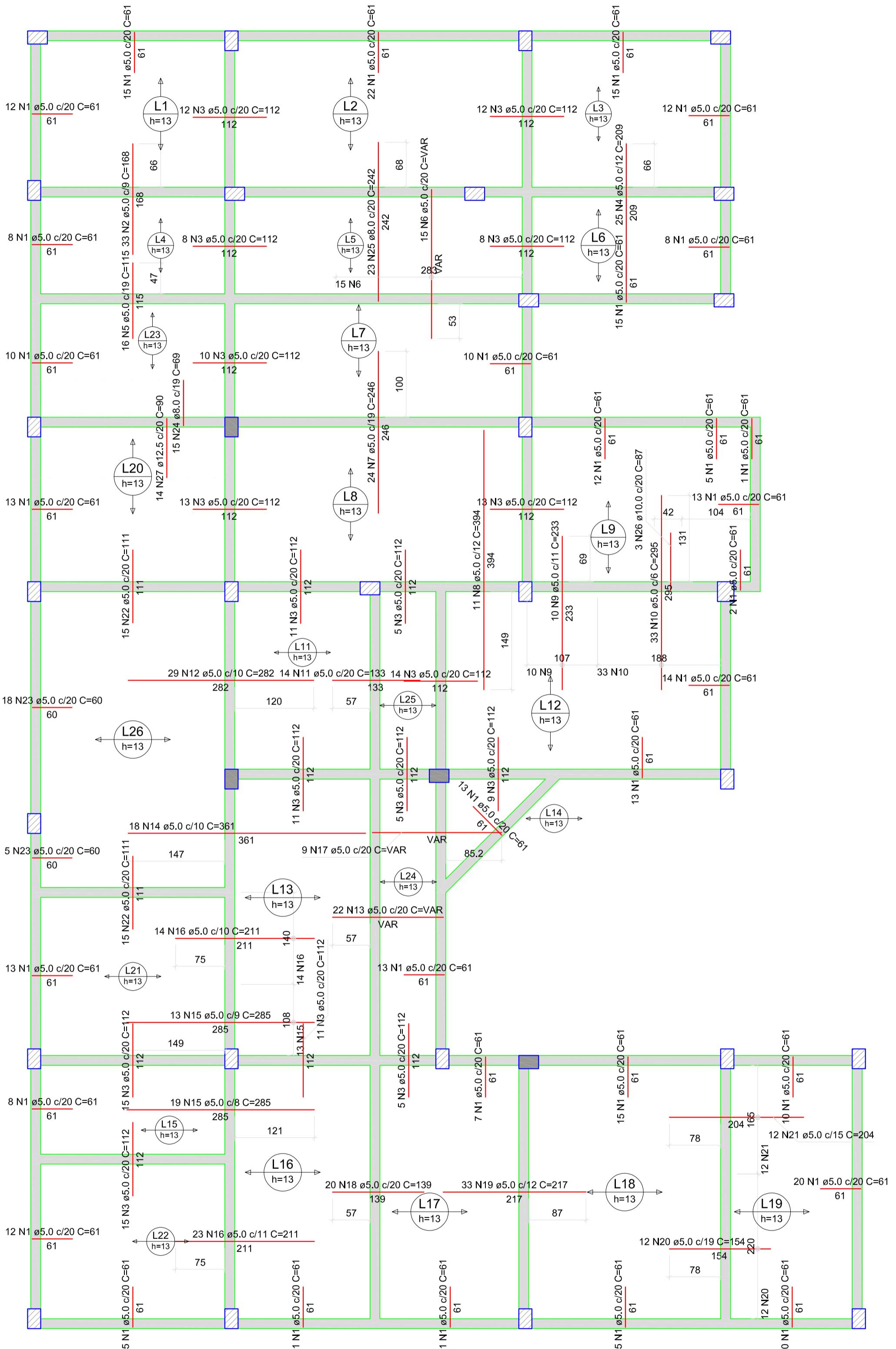


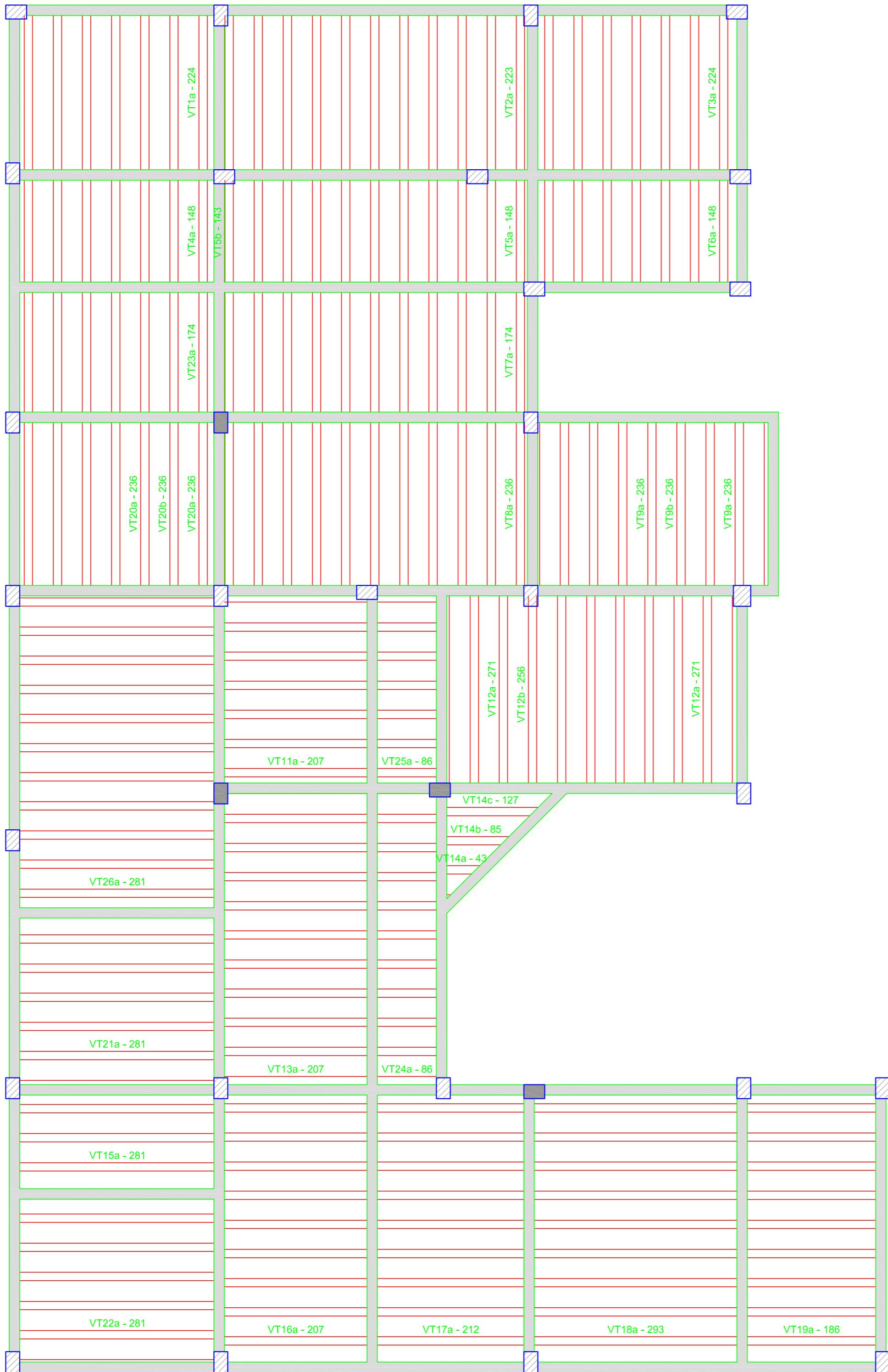
RELAÇÃO DO AÇO					
V11	V15	V18	V19	V20	V21
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5,0	147	125	18375
CA50	2	10,0	4	1131	4524
	3	10,0	2	1162	2324
	4	10,0	4	421	1684
	5	10,0	2	268	536
	6	10,0	2	311	622
	7	10,0	4	306	1224
	8	10,0	4	349	1396
	9	16,0	2	1143	2286

RESUMO DO AÇO				
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	10,0	123,1	12	83,5
CA60	16,0	22,9	3	39,7

PESO TOTAL (kg)	
CA50	123,2
CA60	31,2

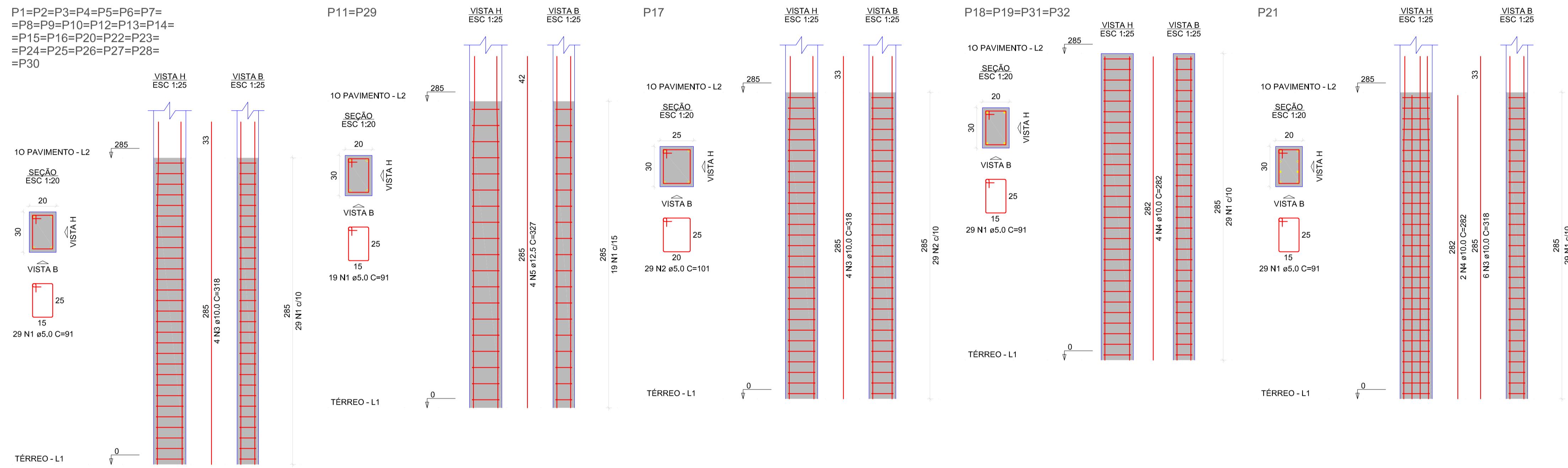
Volume de concreto (C-30) = 2,50 m<sup>3</sup>  
Área de forma = 41,25 m<sup>2</sup>





Planta de vigotas pré-moldadas

escala 1:50



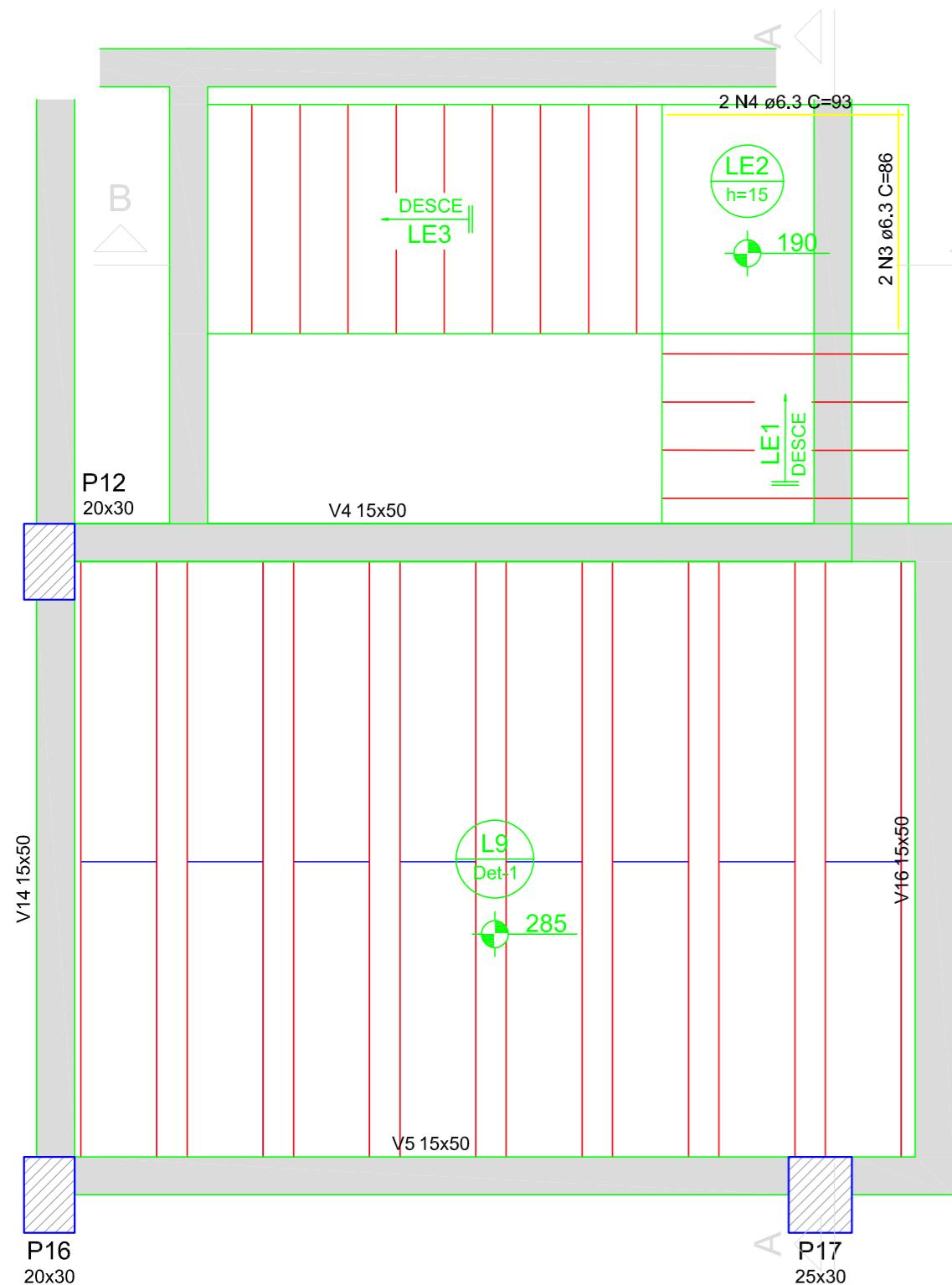
RELAÇÃO DO AÇO

		24xP1	2xP11	P17	
		4xP18	P21		
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	879	91	79989
CA50	2	5.0	29	101	2929
CA50	3	10.0	106	318	33708
CA50	4	10.0	18	282	5076
CA60	5	12.5	6	327	2616

RESUMO DO AÇO

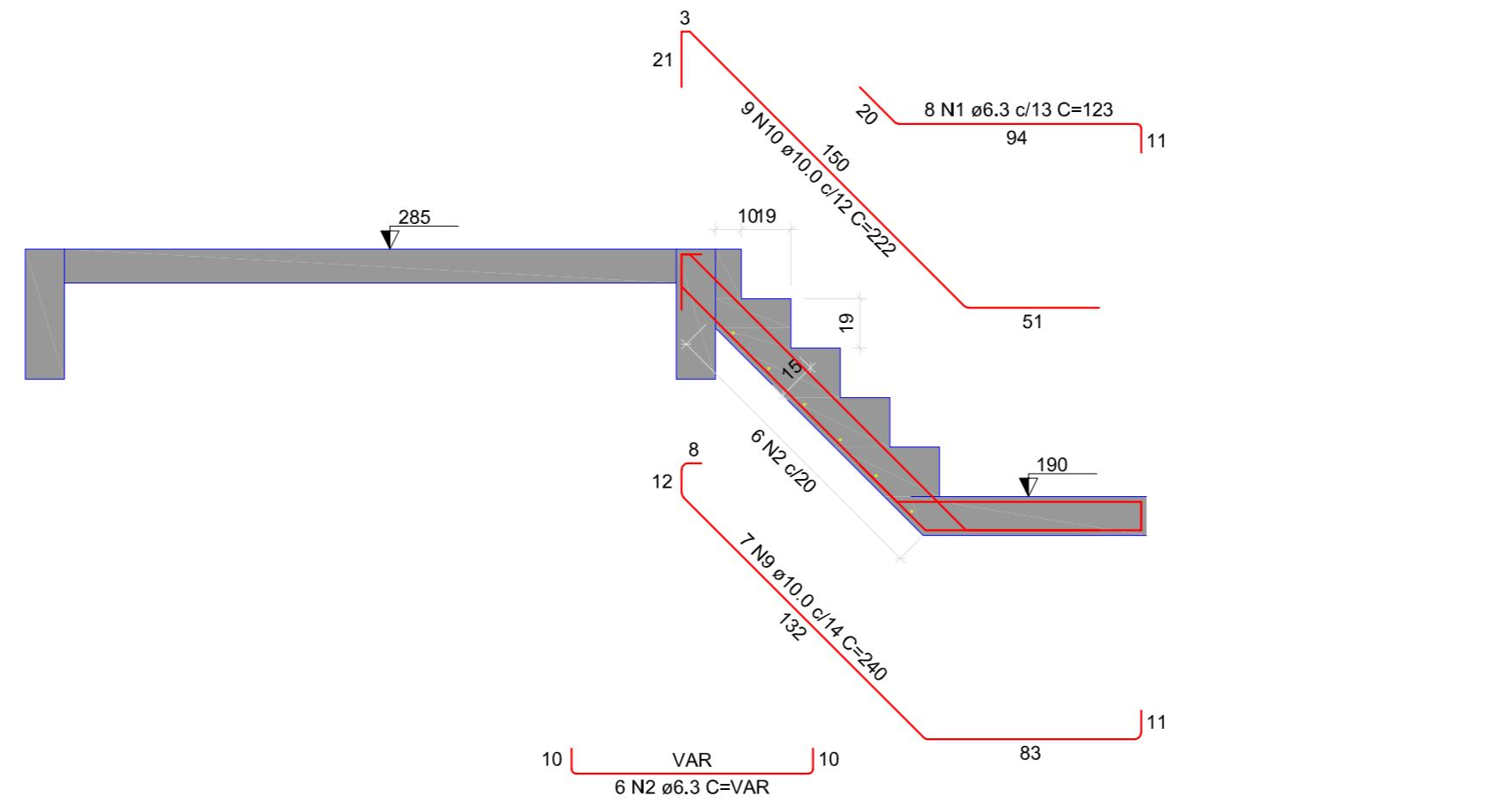
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	387.8	36	263
CA60	12.5	26.2	3	27.7
CA60	5.0	829.2	-	140.6
PESO TOTAL (kg)				
CA50	290.8			
CA60	140.6			

Volume de concreto (C-30) = 5.51 m<sup>3</sup>  
 Área de forma = 91.48 m<sup>2</sup>



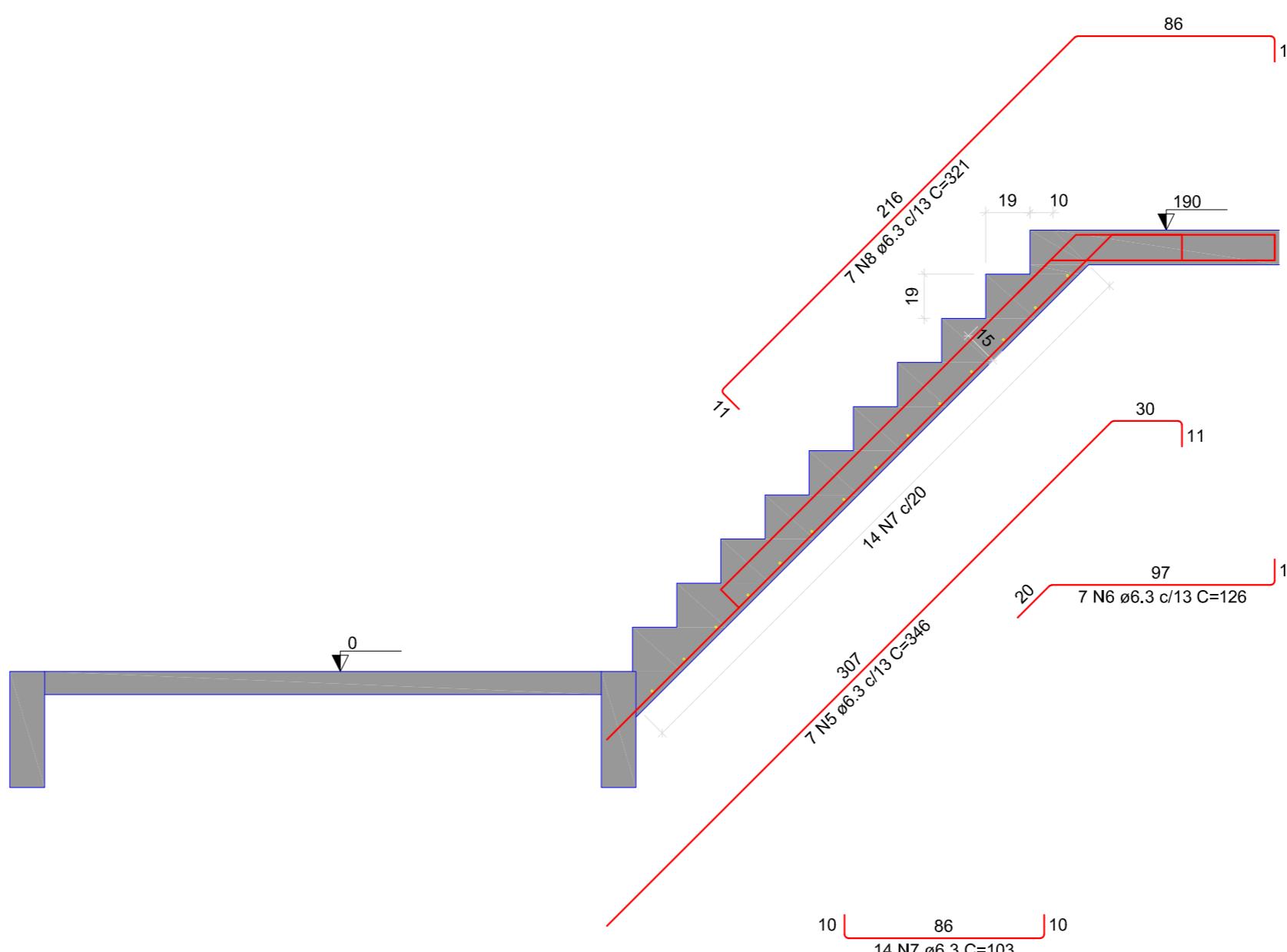
Armação positiva da escada E1

ESC 1:25



Corte A-A (LE1)

ESC 1:25



Corte B-B (LE3)

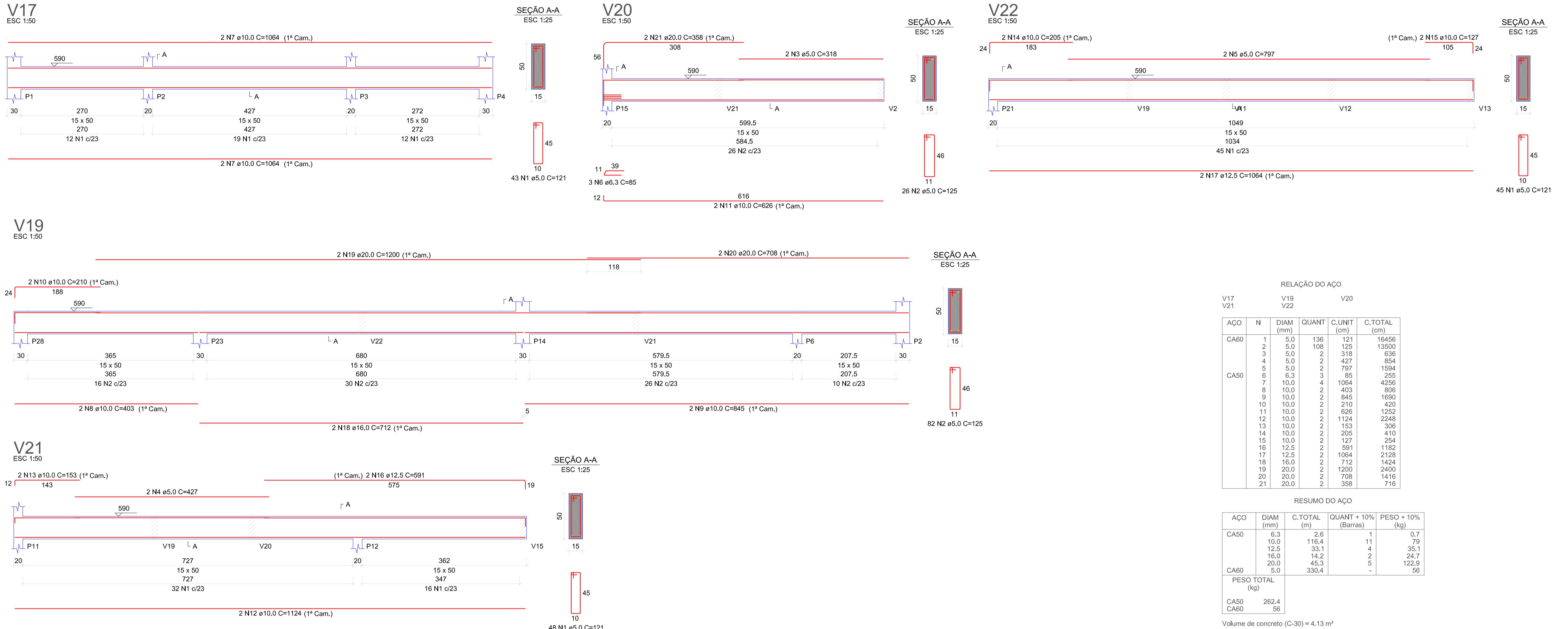
ESC 1:25

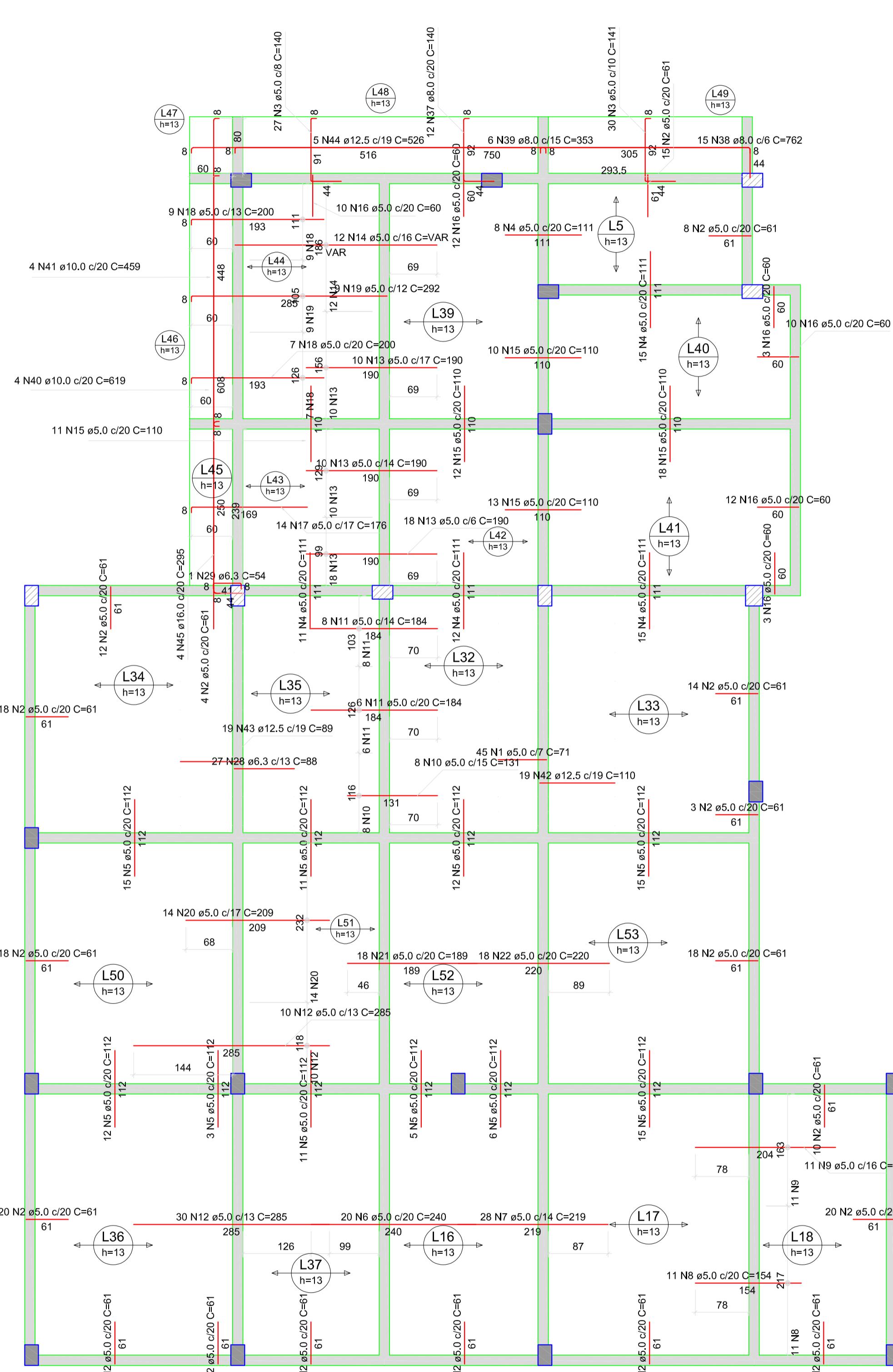
RELAÇÃO DO AÇO					
	LE1	LE2	LE3		
Negativos					
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	8	123	984
	2	6.3	6	VAR	172
	3	6.3	2	86	186
	4	6.3	2	93	2422
	5	6.3	7	346	882
	6	6.3	7	126	1442
	7	6.3	14	103	2247
	8	6.3	7	321	1680
	9	10.0	7	240	1998
	10	10.0	9	222	

RESUMO DO AÇO				
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	90	9	24.2
	10.0	36.8	4	24.9
PESO TOTAL (kg)				
CA50	49.2			

Volume de concreto (C-30) = 0.88 m<sup>3</sup>  
Área de forma = 9.88 m<sup>2</sup>







Armação negativa das lajes do pavimento COBERTA

Armação positiva das lajes do pavimento COBERTA

escala 1:50

escala 1:50

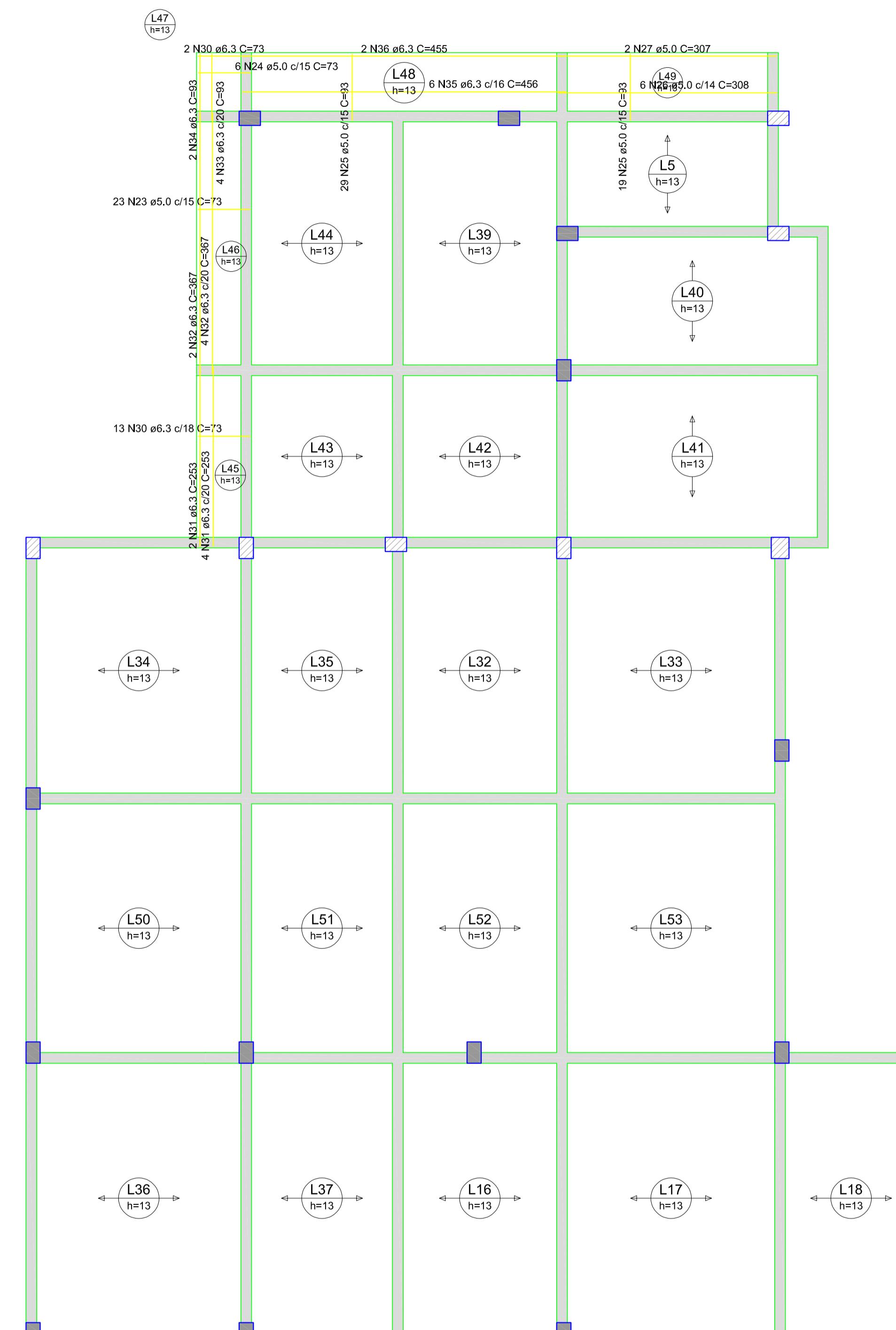
Volume de concreto (C-30) = 9.77 m<sup>3</sup>  
Área de forma = 11.89 m<sup>2</sup>

PESO TOTAL (kg)

CA50 214.6  
CA60 206.2

RESUMO DO AÇO

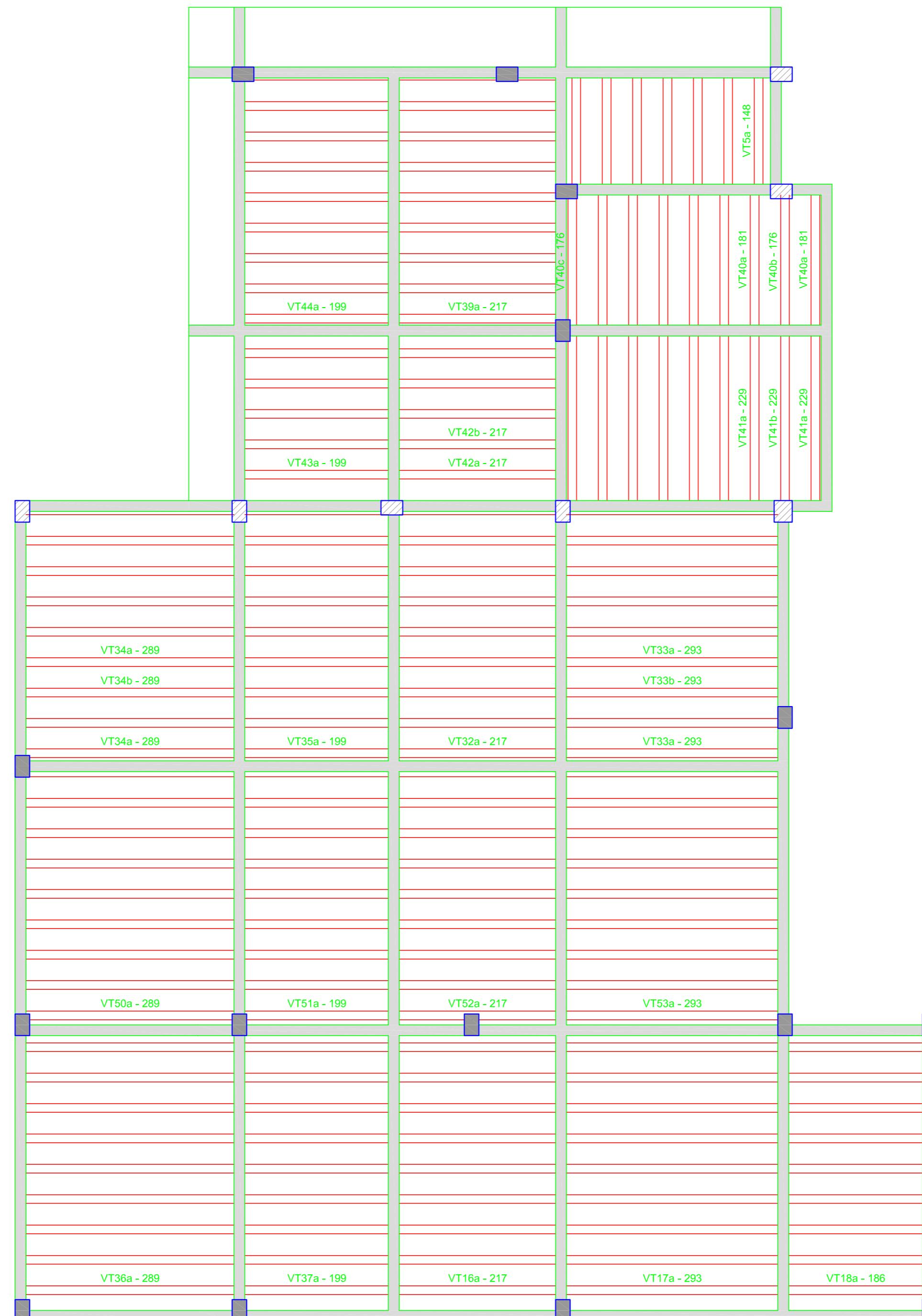
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	6.3	114.5	11	30.8
	8.0	152.3	14	69.1
	10.0	43.1	4	29.2
	12.5	64.1	6	67.9
CA60	16.0	1216.4	2	20.5
	20.0	-	-	206.2



RELAÇÃO DO AÇO

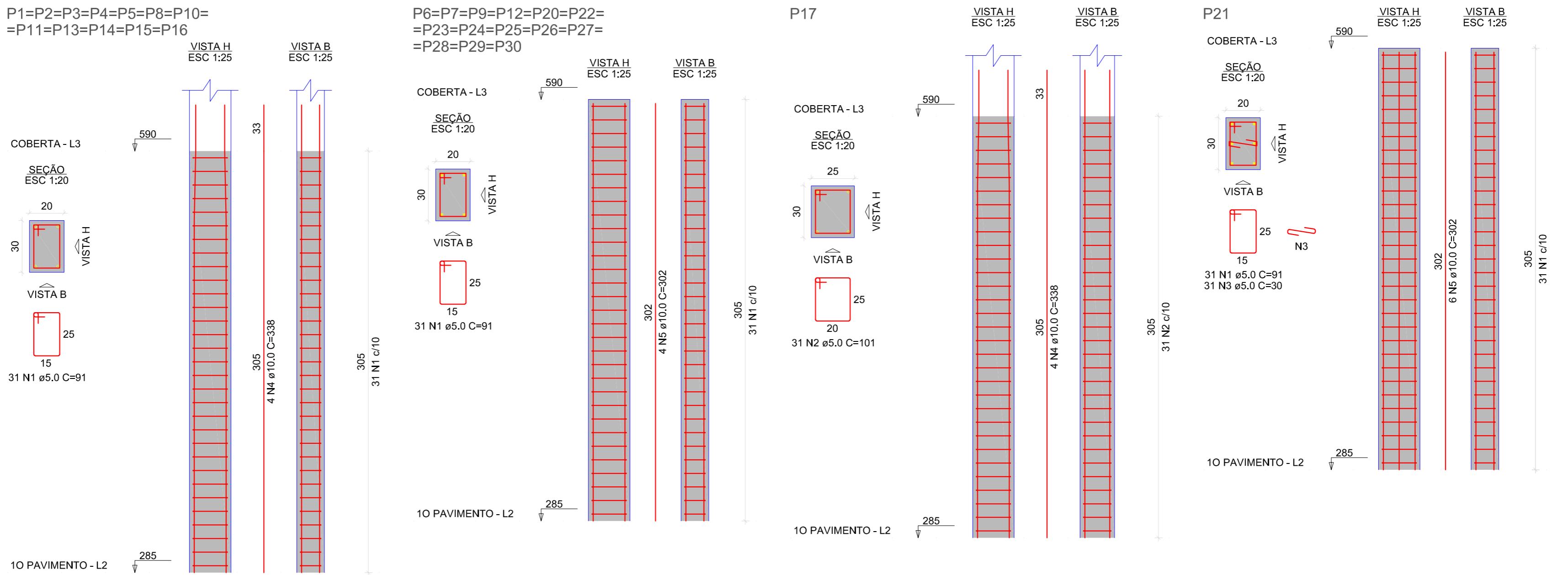
Negativos Positivos

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	45	71	3195
	2	5.0	223	61	13803
	3	5.0	57	141	3077
	4	5.0	61	111	6771
	5	5.0	105	112	11760
	6	5.0	20	240	4800
	7	5.0	28	219	6132
	8	5.0	1	154	1694
	9	5.0	11	204	2244
	10	5.0	8	131	1048
	11	5.0	14	184	2576
	12	5.0	40	285	11400
	13	5.0	30	180	2220
	14	5.0	12	VAR	VAR
	15	5.0	62	110	7040
	16	5.0	50	60	3000
	17	5.0	14	176	2464
	18	5.0	10	200	3200
	19	5.0	9	292	2628
	20	5.0	14	209	2926
	21	5.0	18	189	3402
	22	5.0	18	220	3960
	23	5.0	25	167	1679
	24	5.0	6	73	438
	25	5.0	48	93	4464
	26	5.0	6	308	1848
	27	6.3	2	307	614
	28	6.3	27	89	2376
	29	6.3	1	54	54
	30	6.3	15	73	1095
	31	6.3	6	253	1518
	32	6.3	36	367	2202
	33	6.3	4	372	372
	34	6.3	2	93	186
	35	6.3	6	456	2736
	36	6.3	2	455	910
	37	8.0	12	140	1680
	38	8.0	15	762	1140
	39	8.0	6	353	2118
	40	10.0	4	619	2476
	41	10.0	4	459	1836
	42	12.5	19	110	2090
	43	12.5	19	99	1691
	44	12.5	5	526	2630
	45	16.0	4	295	1180



Planta de vigotas pré-moldadas

escala 1:50



#### RELAÇÃO DO AÇO

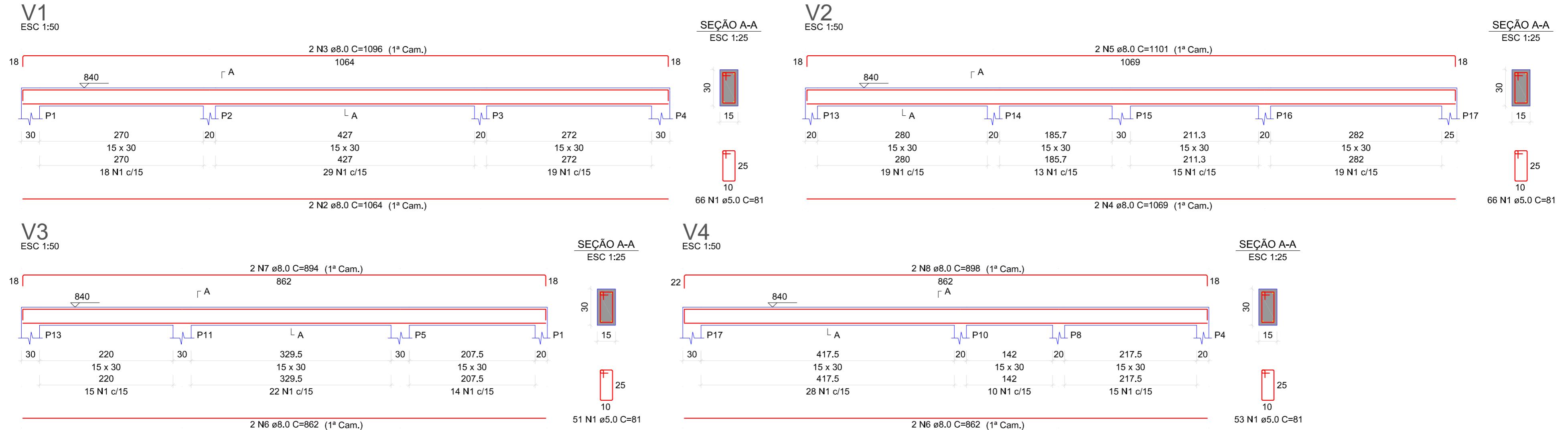
12xP1  
P21  
14xP6  
P17

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	837	91	76167
CA60	2	5.0	31	101	3131
CA60	3	5.0	31	30	930
CA50	4	10.0	52	338	17576
CA50	5	10.0	62	302	18724

#### RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	363	34	246.2
CA60	5.0	802.3	-	136
PESO TOTAL (kg)				
CA50 246.2				
CA60 136				

Volume de concreto (C-30) = 5.17 m<sup>3</sup>  
Área de forma = 85.70 m<sup>2</sup>



RELAÇÃO DO AÇO

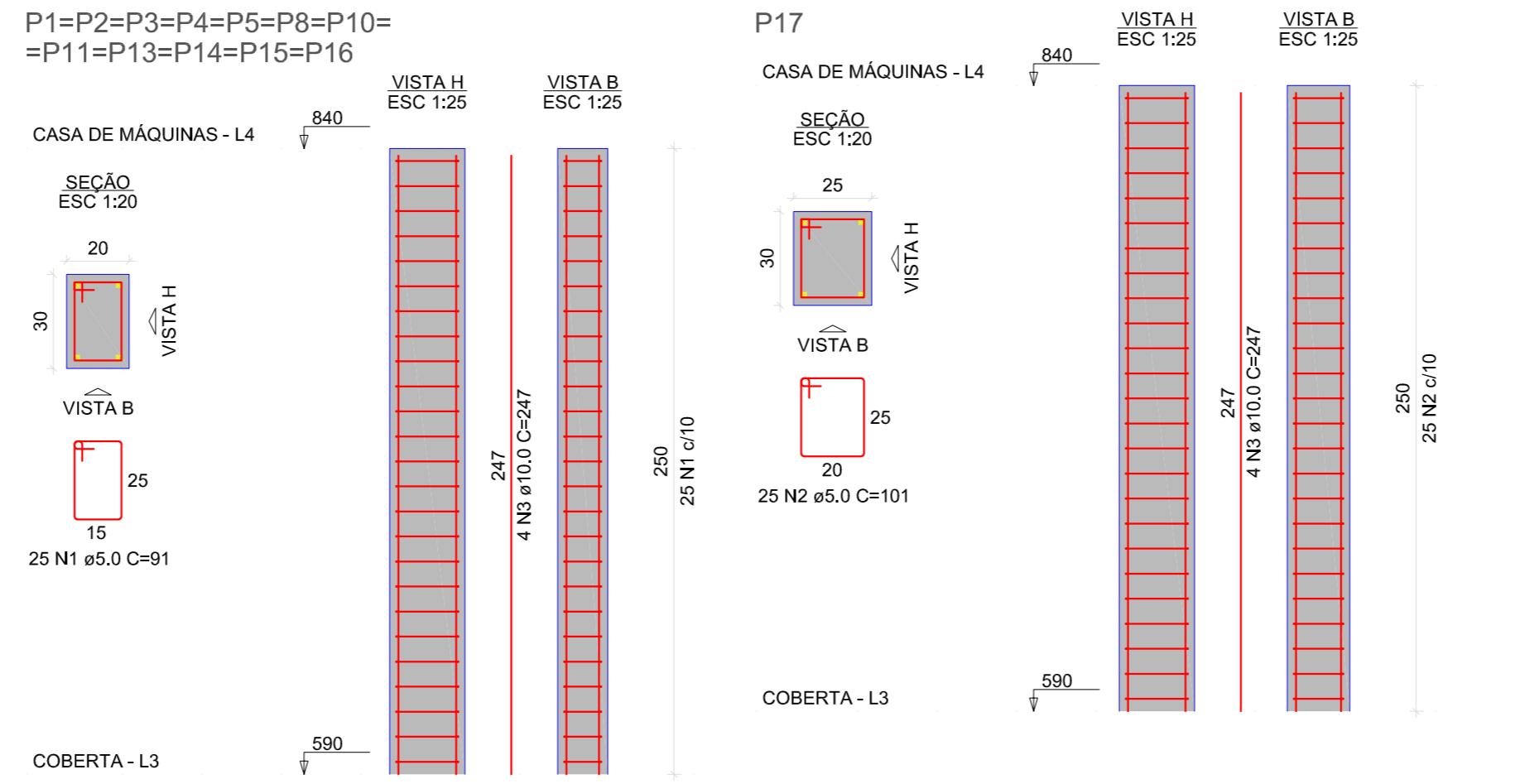
V1 V2 V3  
V4

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	236	81	19116
CA50	2	8.0	2	1064	2128
	3	8.0	2	1096	2192
	4	8.0	2	1069	2138
	5	8.0	2	1101	2202
	6	8.0	4	862	3448
	7	8.0	2	894	1788
	8	8.0	2	898	1796

RESUMO DO AÇO

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	8.0	156.9	15	68.1
CA60	5.0	191.2	-	32.4
PESO TOTAL (kg)				
CA50 68.1 CA60 32.4				

Volume de concreto (C-30) = 1.56 m<sup>3</sup>  
Área de forma = 29.08 m<sup>2</sup>

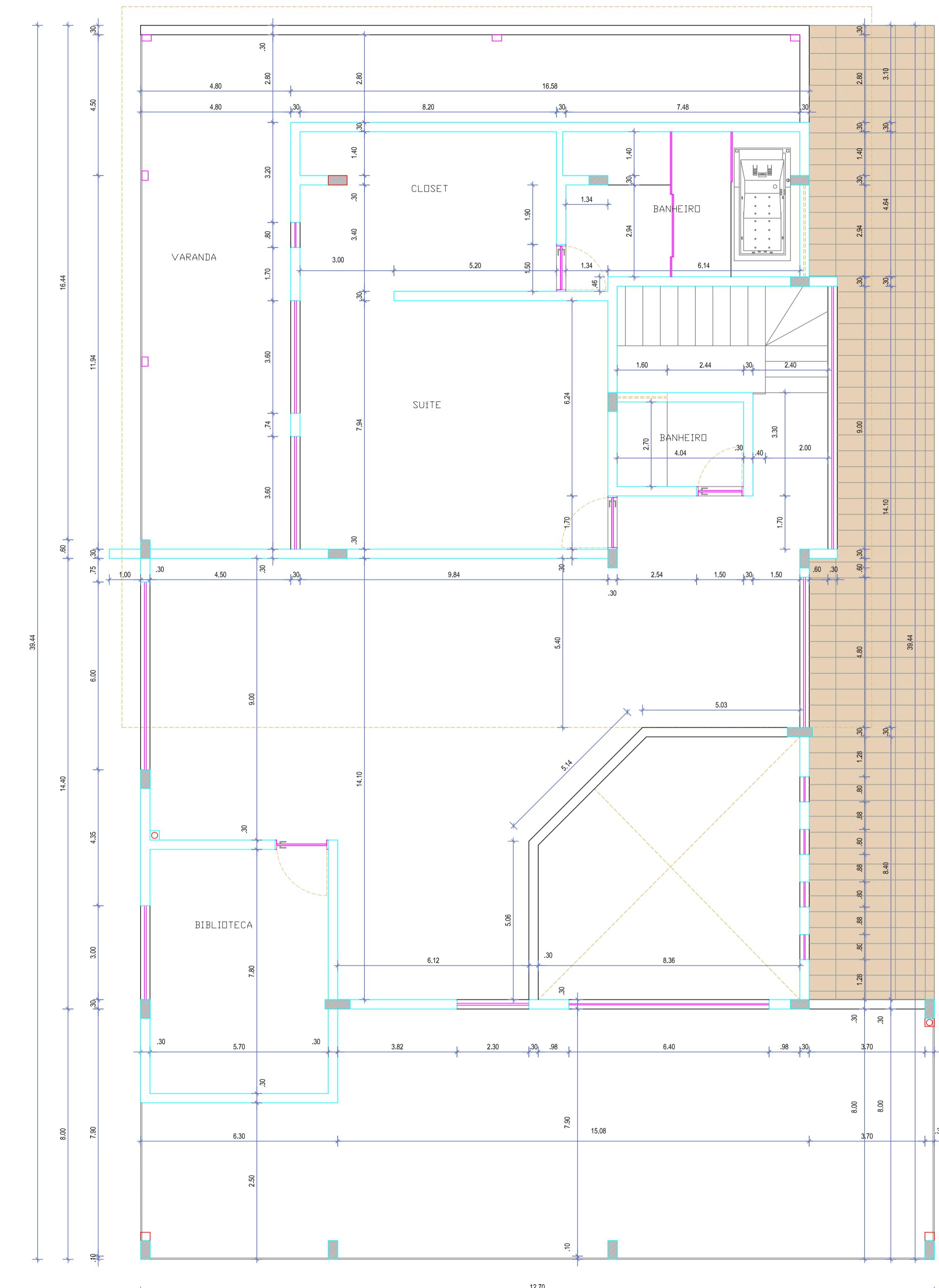
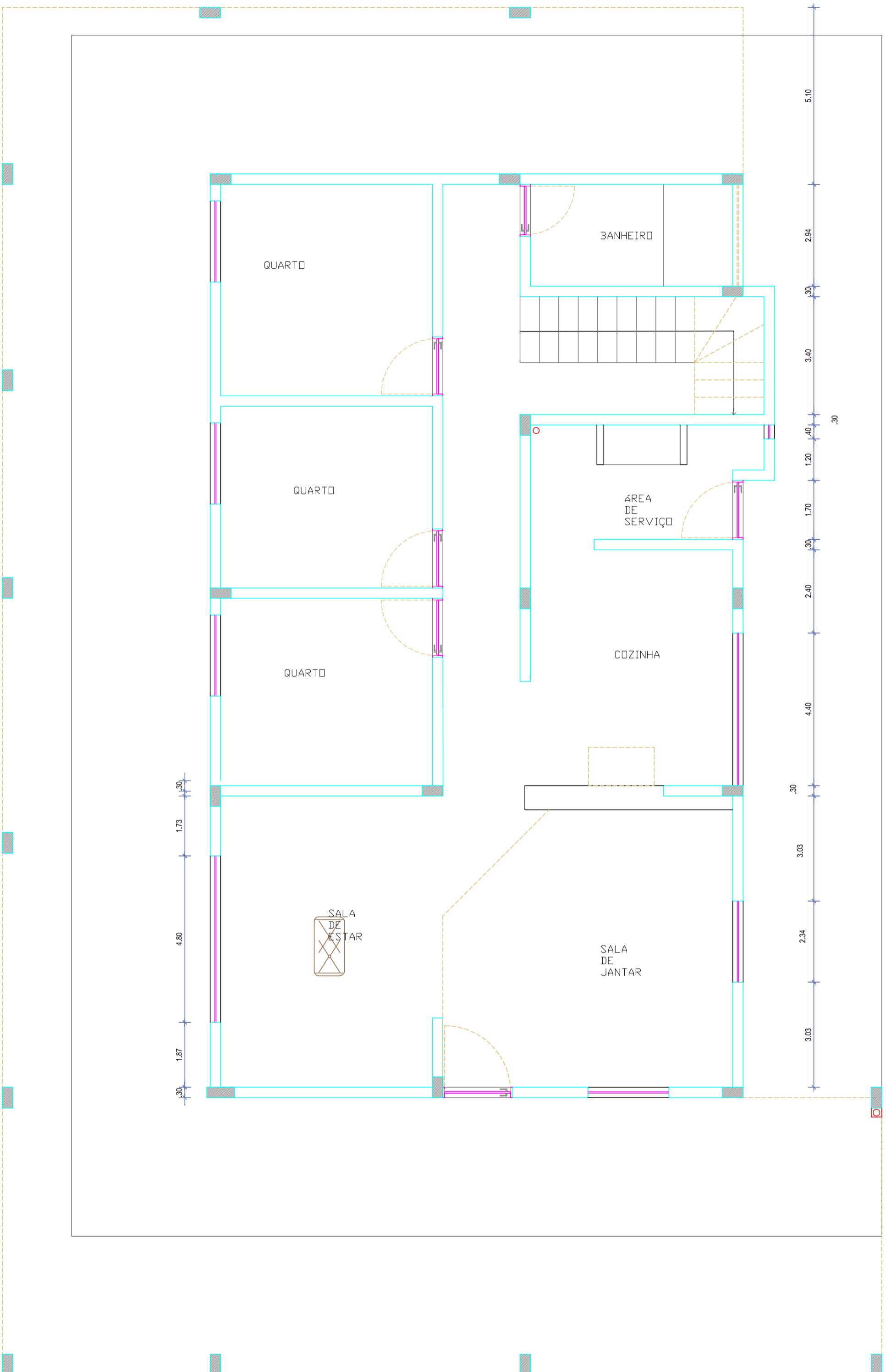


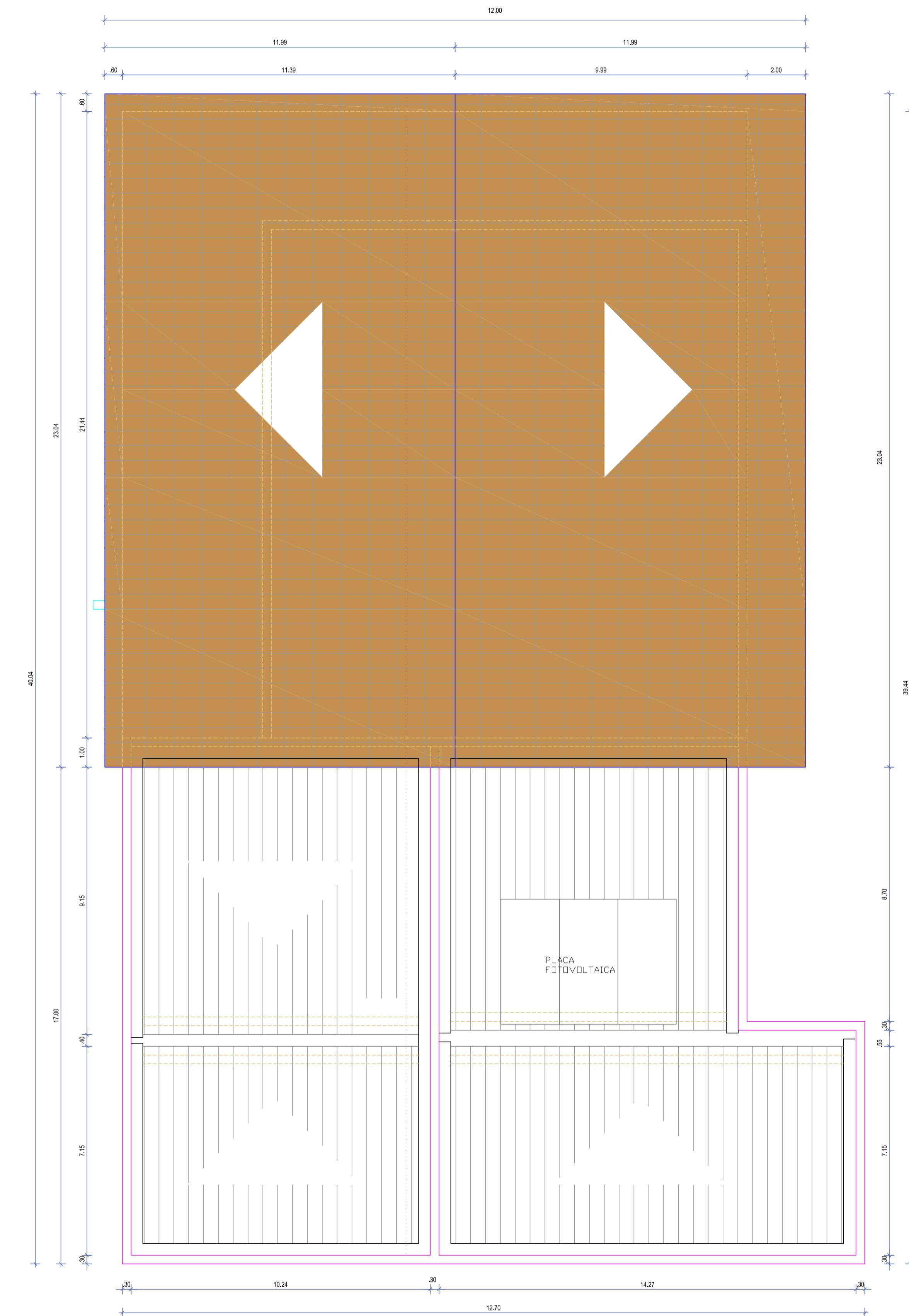
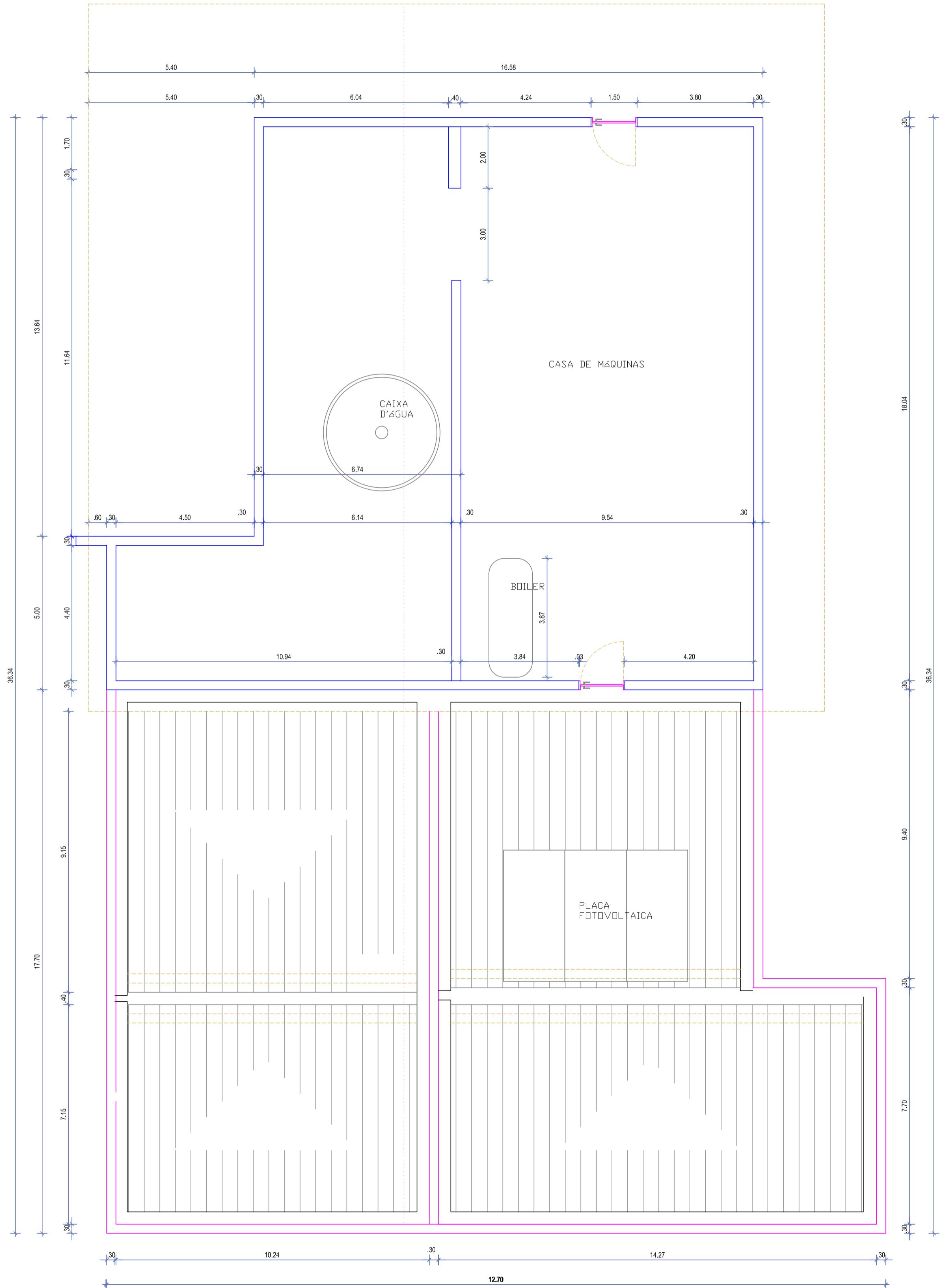
RELAÇÃO DO AÇO					
12xP1 P17					
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	300	91	27300
CA60	2	5.0	25	101	2525
CA50	3	10.0	52	247	12844

RESUMO DO AÇO				
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10% (Barras)	PESO + 10% (kg)
CA50	10.0	128.4	12	87.1
CA60	5.0	298.3	-	50.6
PESO TOTAL (kg)				
CA50	87.1			
CA60	50.6			

Volume de concreto (C-30) = 1.99 m<sup>3</sup>  
Área de forma = 32.75 m<sup>2</sup>

**ANEXO A – PROJETO ARQUITETÔNICO**





GUSTAVO HENRIQUE NORAT PINTOR

**PROJETO ESTRUTURAL DE UM SOBRADO EM CONCRETO ARMADO  
UTILIZANDO O SOFTWARE EBERICK**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil. Defesa realizada por videoconferência

**Área de concentração:** Estruturas

Aprovado em 25 de maio de 2022.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Douglas Mateus de Lima (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Humberto Correia Lima Júnior (Avaliador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Iálysson da Silva Medeiros (Avaliador)  
Universidade Federal de Pernambuco