



**George Feldhaus Filho**

**José Victor Moreno Perez**

**Concepção de uma edificação multifamiliar com o uso  
de conceitos BIM**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Orientador: Prof. Jorge Lucas Ferreira

Rio de Janeiro  
dezembro de 2021



## Agradecimentos

O primeiro agradecimento que gostaria de dar é para minha mãe e meu pai que me apoiaram na faculdade desde a minha matrícula até a entrega deste trabalho. Me lembro do dia em que fui aprovado no vestibular e minha mãe nem sequer ficou 1 segundo em dúvida se eu deveria me matricular, ela disse vá e se matricule.

Gostaria de agradecer também a meus amigos sem eles não teria chegado até aqui, os percalços foram vários e os desafios foram grandes, mas eles sempre estiveram comigo. Um agradecimento especial a Leonardo Teixeira de Hollanda, Bruno Barbosa Guerreiro dos Santos, José Victor Moreno Perez, Ana Carolina Oliveira, Felipe Antonini Miehrig, Bruno Pedrazza, Tiphany Mussumeci, Daphne Mussumeci, Rafael Sitnoveter, Sylvia Arpon e Maria Luiza Coutinho Lima.

Como último agradecimento, e não menos importante, gostaria de agradecer meus Professores que muito me ensinaram não só sobre a Engenharia, mas sobre a vida. Um agradecimento especial à Vera Syme Benzecry, Jorge Lucas, Bruno Feijó, Renata Martins Rosa, Marcelo Congro, Frederico Palmeira, Josué Pereira Martins e Augusto Sampaio.

George Feldhaus Filho



## Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por tudo que sempre fez em minha vida, sempre comigo nos momentos bons e ruins. Que todas as minhas vitórias sejam para Ele.

Um agradecimento especial ao meu pai, José Maurício, por sempre lutar pela minha educação, me ensinando que nada pode ser mais valioso que o conhecimento.

À minha mãe, Rita Cristina, que sempre me apoiou e esteve ao meu lado, sendo a luz nos meus piores momentos, sempre com o sorriso reconfortante.

À minha vó Elysete, que desde sempre cuidou de mim, me colocando em primeiro lugar em suas decisões.

Ao meu falecido avô Izauro, por sempre ter estado presente, me ensinando e me fazendo sentir especial.

À minha tia Diva, muito especial em minha vida, sempre presente e disposta a ouvir. Uma segunda mãe que Deus me deu.

À toda minha família, que sempre me apoiou e batalhou junto comigo, me dando suporte nos momentos difíceis e me mostrando que apesar de ter momentos que pensamos em desistir, sempre devemos continuar seguindo em frente, lutando por aquilo que acreditamos, sempre com caráter, humildade e acima de tudo, amor.

A todos os amigos que fiz ao longo dessa jornada, pelo apoio e pelos momentos felizes, em especial à Ana Carolina de Oliveira, Rafael Lobianco, Caroline Andrade, Lucas Lucena, Lucas de Luna, George Feldhaus Filho, Leonardo Hollanda, Bruno Guerreiro, Bruno Fonseca e João Pedro Botelho.

José Victor Moreno Perez



## Resumo

Neste trabalho busca-se aplicar de maneira integrada e mais ampla possível os conceitos e técnicas aprendidas e desenvolvidas ao longo de nosso curso na Engenharia Civil da PUC-Rio. Para tal, desenvolve-se um projeto de uma edificação abordando suas particularidades e assuntos de recorrência dentro da Engenharia Civil. Com isso chega-se ao desafio de projetar uma edificação multifamiliar no que tange a sua estrutura, instalações prediais, arquitetura e serviços preliminares como sondagens e levantamentos topográficos. Além de se utilizar os conceitos BIM para a criação de um projeto integrado. Ao final deste projeto pretendemos rever e aplicar ao máximo possível os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Palavras-chave: Edificação, Estruturas de concreto; Instalações Prediais; BIM;





## **Abstract**

In this work, we seek to apply the concepts and techniques learned and developed during our course in Civil Engineering at PUC-Rio in an integrated and broadest way possible. To this end, we developed a project for a building addressing its particularities and recurring issues within Civil Engineering. With that, we arrived at the challenge of designing a multifamily building in terms of its structure, building installations, architecture and preliminary services such as surveys and topographic surveys. In addition to using BIM concepts to create an integrated project. At the end of this project, we intend to review and apply as much as possible the knowledge acquired during the course.

**Keywords:** Buildings, Structures of Concrete; Builds Installations; BIM;



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivo .....	1
1.2 Metodologia de Trabalho .....	2
2 SERVIÇOS PRELIMINARES .....	3
2.1 Levantamento topográfico, sondagens e investigações .....	3
2.2 Locação e posicionamento do bloco de apartamentos .....	8
2.3 Informações pluviométricas .....	8
3 PROJETO ARQUITETÔNICO .....	10
3.1 Definição do Projeto de Arquitetura .....	10
3.2 Utilização da tecnologia BIM .....	13
4 DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS E MÉTODOS ADOTADOS .....	15
4.1 A escolha do método construtivo .....	15
4.2 Determinação do FCK e cobrimento .....	16
4.3 Propriedades do aço .....	21
5 PROJETO ESTRUTURAL .....	23
5.1 Premissas e Considerações Adotadas .....	23
5.1.1 Lançamento da estrutura .....	23
5.1.2 Pré-dimensionamento .....	24
6 DETALHAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS SELECIONADOS .....	30
6.1 Estados limites último e de serviço .....	30
6.1.1 Considerações para cálculo no ELU e ELS .....	31
6.2 Premissas e Considerações Adotadas .....	33
6.2.1 Cálculo das Solicitações e Esforços nos Elementos Estruturais .....	33
6.2.2 Detalhamento de Vigas .....	34
6.2.2.1 Resultado dos cálculos V2 .....	40
6.2.2.2 Resultado dos cálculos V51 .....	44
6.2.3 Detalhamento das lajes .....	49
6.2.3.1 Resultado dos cálculos para as lajes 5, 7 e 9 .....	56
6.2.4 Detalhamento dos Pilares .....	58
7 CÁLCULO COMPUTACIONAL COM AUXÍLIO DO TQS .....	61
7.1 TQS .....	61
7.1.1 Considerações quanto a utilização do software .....	61
7.1.2 Modelagem no TQS .....	61
7.1.2.1 Estrutural .....	63
7.1.3 Processamento Global .....	64
7.1.4 Comparativo dos resultados de cálculo manual e computacional .....	65
8 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS .....	66



8.1 Instalações Hidráulicas .....	66
8.2 Dimensionamento .....	68
8.2.1 Reservatório Inferior e Superior .....	70
8.2.2 Ramal e Alimentador Predial .....	70
8.2.3 Tubulação de Recalque e Sucção .....	71
8.2.4 Dimensionamento dos Ramais .....	72
8.2.5 Modelo isométrico .....	72
9 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS .....	75
9.1 Prefácio e Considerações Iniciais .....	75
9.2 Disposição da iluminação .....	75
9.3 Disposição das tomadas e seus dimensionamentos .....	77
9.3.1 Tomadas de uso geral (TUG) .....	77
9.3.2 Tomadas de uso específico (TUE) .....	79
9.4 Divisão dos circuitos .....	80
9.5 Dimensionamento das seções dos condutores .....	84
9.5.1 Critério 1 .....	84
9.5.2 Critério 2 .....	85
9.5.3 Critério 3 .....	85
9.5.4 Critério 4 .....	86
9.5.5 Critério 5 .....	88
9.6 Modelo 3D de instalações elétricas .....	89
10 CONCLUSÃO .....	91
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	94
ANEXOS .....	97



## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Imagem contendo a situação das divisas aproximadas da área a ser feita a edificação.....	4
Figura 2.2 - Nota de aula contendo uma ilustração de um ensaio SPT .....	5
Figura 2.3 - Nota de aula contendo uma ilustração de um ensaio SPT .....	5
Figura 2.4 - Slide de aula contendo um exemplo de ensaio em região alagadiça e um resultado de um ensaio SPT .....	6
Figura 2.5 - Esquema elucidativo do funcionamento de um ensaio CPT.....	7
Figura 2.6 - Resultados de um ensaio CPTU.....	8
Figura 3.1 - Projeto arquitetônico do pavimento térreo da edificação .....	10
Figura 3.2 - Projeto arquitetônico do pavimento tipo da edificação .....	11
Figura 3.3 - Projeto arquitetônico do primeiro pavimento do apartamento de cobertura da edificação .....	12
Figura 3.4 - Projeto arquitetônico do segundo pavimento do apartamento de cobertura da edificação .....	13
Figura 3.5 - Apresentação do pavimento tipo da edificação modelado no ambiente Revit .....	14
Figura 3.6 - Apresentação da edificação modelada no ambiente Revit.....	14
Figura 4.1 - R. Mal. Rondon, 179 - Boa União .....	15
Figura 4.2 - R. Mal. Rondon, 179 - Boa União .....	16
Figura 4.3 - Gráfico de tensão X Deformação de um ensaio de tração direta em uma barra de aço CA-50.....	21
Figura 4.4 - Tabela com as propriedades de cada tipo de aço utilizado na construção civil .....	22
Figura 4.5 - Trecho retirado.....	22
Figura 5.1 - Projeto arquitetônico do pavimento do primeiro pavimento do apartamento de cobertura da edificação .....	25
Figura 5.2 - Esquema do caminhamento dos esforços em função das cargas aplicadas em um pórtico explicativo genérico .....	27
Figura 6.1 - Carregamento da viga 2 .....	40
Figura 6.2 - Diagrama de cortante da viga 2 .....	40



Figura 6.3 - Diagrama de momento da viga 2 .....	40
Figura 6.4 - Carregamento da viga 51 .....	44
Figura 6.5 - Diagrama de cortante da viga 51 .....	44
Figura 6.6 - Diagrama de momento da viga 51 .....	44
Figura 6.7 - Lajes parcialmente contínuas .....	50
Figura 6.8 - Vinculação das lajes bordas das lajes .....	51
Figura 6.9 - Tabela de Czerny .....	51
Figura 6.10 - Armadura negativa entre lajes .....	55
Figura 6.11 - Dimensionamento da armadura longitudinal do pilar com o uso do software Oblíqua versão 1.0. ....	59
Figura 6.12 - Desenho do detalhamento de armadura longitudinal no pilar utilizando o civil 3D. ....	60
Figura 7.1 - Dados da edificação .....	62
Figura 7.2 - Dados e informações da edificação .....	62
Figura 7.3 - Dados e informações da edificação .....	63
Figura 7.4 - Modelagem estrutural .....	64
Figura 7.5 - Configurações do processamento global .....	64
Figura 7.6 - Comparativo do TQS com Cálculo manual .....	65
Figura 8.1 - Esquema vertical simplificado .....	67
Figura 8.2 – Flagrante da modelagem 3D das instalações hidráulicas.....	73
Figura 8.3 – Flagrante da modelagem 3D das instalações hidráulicas.....	74
Figura 9.1 - Planta baixa do apartamento a serem feitas as instalações elétricas.....	76
Figura 9.2 - Dimensionamento das potências segundo à área a ser iluminada .....	76
Figura 9.3 - Dim. da quantidade de tomadas por cômodo segundo o perímetro.....	78
Figura 9.4 - Dimensionamento da potência das tomadas (TUG).....	78
Figura 9.5 - Critérios adotados para o dimensionamento de condutores elétricos.....	84
Figura 9.6 - Correção da capacidade de carga dado o aumento de temperatura.....	85
Figura 9.7 - Dim. da seção mínima para atender a queda de tensão máxima.....	86
Figura 9.8 - Dimensionamento da seção mínima para atender as condições ambiente de instalação do condutor.....	87
Figura 9.9 – Critério 5, dimensionamento do disjuntor a ser instalado para a proteção do sistema contra sobre cargas.....	87



Figura 9.10 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações elétricas de uma unidade do pavimento tipo.....	88
Figura 9.11 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações elétricas fazendo um flagrante do resultado de como fica a visualização conjunta dos elementos do projeto.....	89
Figura 9.12 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações elétricas fazendo um flagrante do resultado de como fica a visualização conjunta dos elementos do projeto.....	90
Figura 10.1 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações juntamente com o projeto estrutural. ....	92
Figura 10.2 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações juntamente com o projeto estrutural.....	93



## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 5.1 - Pré-dimensionamento do vão de vigas .....	26
Equação 5.2 - Critério para lajes unidirecionais .....	27
Equação 5.3 - Critério para lajes bidirecionais .....	28
Equação 5.4 - Pré-dimensionamento do vão de lajes .....	28
Equação 5.5 - Pré-dimensionamento de pilares .....	29
Equação 6.1 - Combinação no ELU .....	31
Equação 6.2 - Combinação de cargas acidentais e peso próprio .....	32
Equação 6.3 - Simplificação da equação para a obtenção do Kmd .....	35
Equação 6.4 - Cálculo do Kmd .....	35
Equação 6.5 - Cálculo do braço de alavanca da armadura positiva .....	36
Equação 6.6 - Cálculo do braço de alavanca com a variável já isolada .....	36
Equação 6.7 - Cálculo do $k_z$ .....	36
Equação 6.8 - Cálculo da armadura de aço .....	36
Equação 6.9 - Cálculo do maior valor de cortante suportado pela biela .....	38
Equação 6.10 - Cálculo da contribuição para suporte do esforço cortante .....	38
Equação 6.11 - Dimensionamento da armadura transversal de aço .....	38
Equação 6.12 - Cálculo da armadura transversal .....	38
Equação 6.13 - Cálculo da resistência de aderência .....	39
Equação 6.14 - Cálculo do comprimento básico de ancoragem .....	39
Equação 6.15 - Definição para consideração de trecho engastado .....	49
Equação 6.16 - Definição para consideração de trecho simplesmente apoiado .....	49
Equação 6.17 - Cálculo do momento de fissuração da viga .....	50
Equação 6.18 - Cálculo das propriedades geométricas .....	50
Equação 6.19 - Cálculo da distância entre a linha neutra e o bordo mais tracionado .....	51
Equação 6.20 - Cálculo da resistência média do concreto à tração .....	51
Equação 6.21 - Cálculo do módulo de elasticidade secante .....	51
Equação 6.22 - Cálculo da flecha imediata .....	52
Equação 6.23 - Cálculo da altura útil da armadura primária .....	52
Equação 6.24 - Cálculo da altura útil da armadura secundária .....	52
Equação 6.25 - Cálculo da altura da linha neutra .....	53



Equação 6.26 - Dimensionamento da área de aço a ser utilizada como armadura.....	53
Equação 6.27 - Dimensionamento do comprimento da armadura negativa .....	54
Equação 6.28 - Cálculo do comprimento total de ancoragem .....	54
Equação 6.29 - Definição do comprimento de ancoragem.....	54
Equação 8.1 - Cálculo do consumo diário de água .....	66
Equação 8.2 - Dimensionamento da capacidade do reservatório inferior .....	68
Equação 8.3 - Cálculo da vazão na tubulação .....	68
Equação 8.4 - Dimensionamento do volume útil do reservatório inferior .....	69
Equação 8.5 - Cálculo de projeto da vazão da estação elevatória .....	69





## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Tabela de correspondência entre as classes de agressividade ambiental e a classe de concreto .....	17
Tabela 4.2 - Tabela de correspondência classe de agressividade ambiental e o fator de água cimento e a classe de concreto .....	18
Tabela 4.3 - Tabela de correspondência classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal de cada elemento .....	19
Tabela 4.4 - Tabela de correspondência classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal de cada elemento .....	20
Tabela 6.1 - Valores do coeficiente $\gamma_{f2}$ .....	33
Tabela 6.2 - Tabela relacionando valores de KMD, Kx e Kz .....	37
Tabela 6.3 - Flexão Positivo .....	41
Tabela 6.4 - Flexão Negativo .....	41
Tabela 6.5 - Cortante .....	42
Tabela 6.6 - Decalagem .....	42
Tabela 6.7 - Comprimento de Ancoragem Básico .....	43
Tabela 6.8 - Armadura Inferior Necessária nos Apoios .....	43
Tabela 6.9 - Ancoragem das Armaduras Inferiores .....	43
Tabela 6.10 - Flexão Positivo .....	45
Tabela 6.11 - Flexão Negativo .....	45
Tabela 6.12 - Cortante .....	46
Tabela 6.13 - Decalagem .....	46
Tabela 6.14 - Comprimento de Ancoragem Básico .....	47
Tabela 6.15 - Armadura Inferior Necessária nos Apoios .....	47
Tabela 6.16 - Ancoragem das Armaduras Inferiores .....	48
Tabela 6.17 - Verificação ELS .....	48
Tabela 6.18 - Definição da altura .....	56
Tabela 6.19 - Carregamentos .....	56
Tabela 6.20 - Determinação dos momentos fletores no ELS Determinação dos momentos fletores no ELS .....	56
Tabela 6.21 - Determinação das flechas .....	56



Tabela 6.22 - Determinação dos momentos no ELU.....	57
Tabela 6.23 - Determinação das armaduras positivas .....	57
Tabela 6.24 - Determinação das armaduras negativas .....	57
Tabela 6.25 - Determinação das reações no ELU .....	58
Tabela 6.26 - Determinação da força cortante.....	58
Tabela 7.1 - Comparativo da área de aço efetiva para viga 2.....	65
Tabela 7.2 - Comparativo da área de aço efetiva para viga 51.....	65
Tabela 7.3 - Comparativo da área de aço efetiva positiva das lajes .....	66
Tabela 8.1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local .....	69
Tabela 8.2 - Consumo médio em função do tipo de construção .....	69
Tabela 8.3 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização .....	72
Tabela 9.1 - Cálculo da potência a ser considerada em cada cômodo.....	77
Tabela 9.2 - Dimensionamento das tomadas de uso geral.....	79
Tabela 9.3 - Cálculo da potência aparente para as tomadas de uso específico.....	80
Tabela 9.4 - Divisão dos circuitos elétricos.....	80
Tabela 9.5 - Intensidade total de corrente em cada circuito .....	82
Tabela 9.6 -Equilíbrio de fases .....	82



## LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Plantas arquitetônicas.....	98
Anexo B – Planta de forma.....	103
Anexo C – Detalhamento das armaduras TQS .....	105
Anexo D – Pré-dimensionamento pilares .....	112
Anexo E – Pré-dimensionamento vigas.....	114
Anexo F – Pré-dimensionamento lajes .....	116
Anexo G – Índice Pluviométrico .....	118
Anexo H – Reservatório .....	133
Anexo I – Elevador.....	135



# **1 INTRODUÇÃO**

Este trabalho tem como finalidade abordar temas vistos ao longo do curso de Engenharia Civil, no intuito de revisitar conceitos importantes e aplicá-los num projeto real utilizando o conceito BIM, o que permite uma maior integração entre programas que seriam utilizados ao longo do desenvolvimento deste projeto.

Para dar início ao trabalho foi disponibilizado a planta de cobertura de uma edificação, concedida pela CONSTRUTORA E INCORPORADORA MIL, a partir dela começa-se a desenvolver as áreas comuns da edificação sabendo da necessidade de atender a legislação local (IAT, número máximo de pavimentos e afastamentos), os aspectos topográficos do terreno como aclives, declives, acessos e acessibilidade.

## **1.1 Objetivo**

O objetivo principal deste trabalho é o dimensionamento de um edifício residencial, utilizando softwares de tecnologia BIM como o Civil 3D, Revit e o TQS, a fim de calcular os elementos estruturais presentes na edificação e fazer um comparativo com cálculos feitos de forma manual. Além disso, com a finalidade de abranger uma quantidade maior de conteúdo, buscamos compatibilizar a estrutura com projeto de instalações de um apartamento.



## 1.2 Metodologia de Trabalho

Para facilitar o entendimento e justificar os procedimentos adotados ao longo do trabalho, haverá como introdução à cada tópico uma explicação, assim como referências bibliográficas adotadas para embasamento do conteúdo que será debatido posteriormente.

Inicialmente o trabalho irá expor fatores que devem ser levados em consideração em toda obra deste porte, ou seja, os serviços preliminares, assim como falar sobre foi concebida a obra arquitetônica.

Na etapa de Dimensionamento Estrutural serão feitos cálculos de forma manual de elementos do pavimento tipo, sendo estes: 3 lajes, 2 vigas e 1 pilar. O intuito de realizar o dimensionamento desta forma é verificar, posteriormente, se o dimensionamento feito pelo software, TQS, terá resultados aproximados.

Por último será feito o estudo das instalações hidráulicas e elétricas referentes à um apartamento do pavimento tipo.



## **2 SERVIÇOS PRELIMINARES**

### **2.1 Levantamento topográfico, sondagens e investigações**

Para fins de levantamento preliminar da área a ser construída, deve-se localizar mananciais e cursos d'água com a finalidade de não haver nenhuma jurisprudência com relação às leis dos órgãos ambientais. Após a verificação da possibilidade de edificar no local há também a necessidade de analisar o potencial construtivo estimado dado a legislação que contempla a região onde o terreno está inserido. Não havendo objeções podem ser realizadas sondagens a fim de balizar custos com fundações antes mesmo da aquisição ou permuta do terreno em questão.

Para avaliarmos de forma correta o terreno, devem ser feitas investigações geotécnicas dentro das características técnicas do solo no que tange à Geotecnia. Logo, devemos avaliar a dimensão da área a ser adquirida, pois quanto maior a área, maior a probabilidade de haver grande variabilidade de perfil de solo com diferentes espessuras de camada para um mesmo ou diferentes materiais geotécnicos. Como ferramenta para dimensionar de forma preliminar a área nós utilizamos da ferramenta do Google Earth experimental.

O terreno escolhido é situado no município de Três Rios- RJ, a escolha de manter o local original onde foi desenvolvido o projeto de arquitetura fornecido pela construtora.

A figura 2.1 contém as divisas do terreno, ela foi obtida no dia 02 de novembro de 2021 e nela podemos verificar a dimensão da área que foi de 52.923,55 m<sup>2</sup> e conta com um perímetro de 1.049,6 m e estes valores são úteis para verificar, ainda que com precisão reduzida, se a área está próxima a informada na documentação legal do imóvel. Com o

valor do perímetro podemos estimar custos para cercar o terreno ou construção de muro ou até colocação de tapumes para a execução da construção.



Figura 2.1 - Imagem contendo a situação das divisas aproximadas da área a ser feita a edificação

Fonte: BARBOSA, 2018.

Quanto aos ensaios a serem feitos em caráter preliminar, nós optamos pela realização do ensaio SPT em 4 pontos da lâmina da edificação e para o ponto central da lâmina de projeção da edificação nós optamos pela realização de um ensaio CPTU.

O intuito da realização do ensaio SPT é verificar o traçado do perfil geotécnico do solo a ser encontrado no terreno na parte onde possivelmente será construída a edificação. Quanto ao ensaio CPTU a ideia é ter um material com informações detalhadas contendo um valor quantitativo da resistência do solo em questão bem como informações de poropressão de cada camada de solo desta forma tendo um panorama bem amplo e detalhado da situação.



Lembrando que a escolha destes ensaios se deu devido às informações fornecidas por cada ensaio bem como o custo destes sabendo de antemão que o ensaio CPTU possui um custo bem mais elevado que um ensaio SPT.

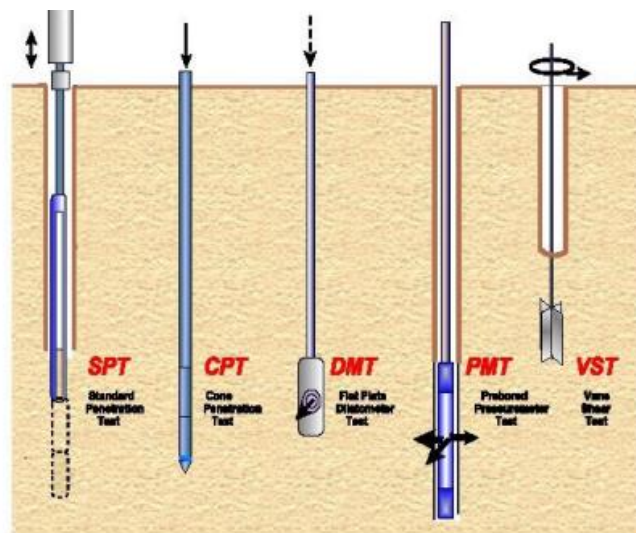


Figura 2.2 - Nota de aula contendo uma ilustração de um ensaio SPT  
Fonte: SAYÃO, 2021.

A imagem a seguir contém a norma que rege os ensaios SPT a NBR 6484 (2001) e também algumas informações sobre o ensaio que adotado para o projeto aqui apresentado.

**Ensaio SPT**

Norma NBR 6484 (2001).

É o ensaio mais comum no campo:

realizado a cada metro de profundidade, em furos de reconhecimento, c/ diâmetro igual ou maior do que 2,5" (6,4cm).

Ensaio SPT: cravar amostrador padronizado, energia padrão: peso padrão (65 kg), caindo de altura padrão (75 cm).

O amostrador é cravado 45 cm no solo:

N ( SPT) = Número golpes p/ penetrar 30 cm finais; (15 cm iniciais são descartados).

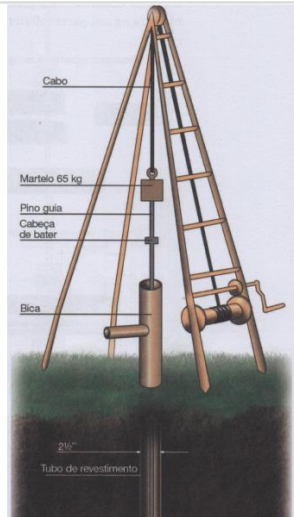


Figura 2.3 - Nota de aula contendo uma ilustração de um ensaio SPT  
Fonte: SAYÃO, 2021.



Na Figura 2.4 temos à esquerda um exemplo de ensaio feito sobre uma região alagadiça e na direita temos um exemplo de um relatório que contém o resultado de um ensaio SPT e as informações por ele fornecidas. Podemos perceber de forma simples e direta as informações contidas nele, que são o nível do lençol freático, o número de golpes por cada camada específica e também a classificação do material geotécnico encontrado no ensaio e tais informações se situam na parte direita do relatório.

### Relatório

#### Sondagem, Vila do PAN, 2008

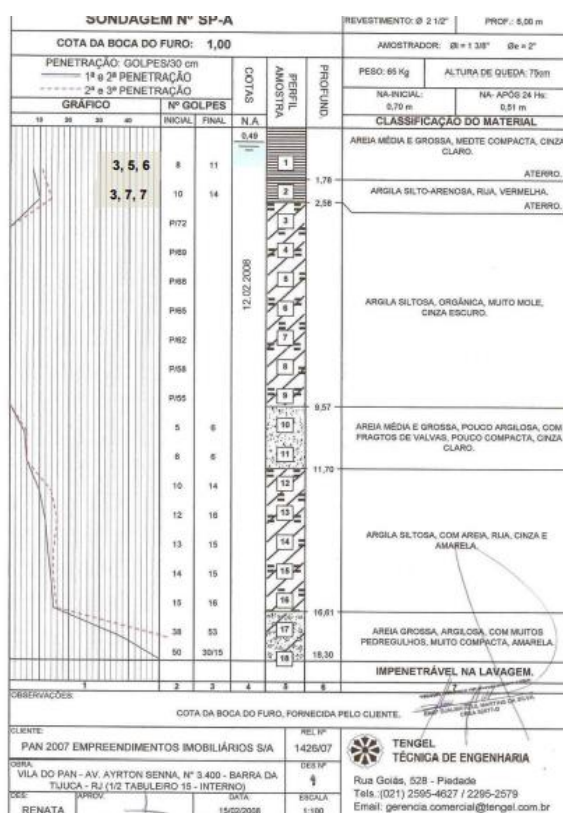


Figura 2.4 - Slide de aula contendo um exemplo de ensaio em região alagadiça e um resultado de um ensaio SPT  
Fonte: SAYÃO, 2021.

A Figura 2.5 representa outro ensaio adotado para este projeto, que é o ensaio CPTU a quantidade de ensaios se orienta pela NBR e é em função da área da edificação, na imagem podemos ver alguns exemplares de ponta que são utilizados nos ensaios CPTU. Este se diferencia do ensaio SPT primeiro por ter cravação dinâmica o que reduz o amolgamento do solo, logo as propriedades do solo não são

tão alteradas devido a metodologia empregada no ensaio. Este ensaio se dá de forma rápida e com boa precisão em seus resultados além de apresentar valores de poropressão nos horizontes de solo.

#### Ensaio de Cone. CPT - Cone Penetration Test

##### NBR 12069: Cone Elétrico

- Cravação lenta e contínua (quase-estática, 2cm/s): haste e ponta cônica, medindo: resistência ponta ( $q_c$ ) e resistência atrito lateral ( $\tau_c$ ).

. Ensaio rápido, fácil execução, resultados consistentes (mais que do SPT).

Ponta Cônica: ângulo  $60^\circ$ ,  $d = 36\text{mm}$ ,  $A = 10\text{cm}^2$

Luva atrito:  $L = 134\text{mm}$ ,  $A_f = 150\text{mm}^2$



Figure 5-5. Various Cone Penetrometers Including Electric Friction and Piezocone Types.

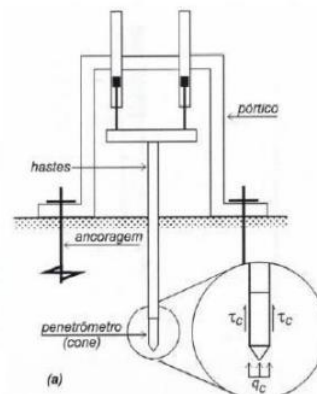


Figura 2.5 - Esquema elucidativo do funcionamento de um ensaio CPTU

Fonte: SAYÃO, 2021.

A figura abaixo ilustra um exemplo de resultado de um ensaio CPTU contendo os três gráficos gerados pelos ensaios e pelas correlações empíricas feitas. Pela sinuosidade do gráfico podemos perceber o quão sensível é o equipamento que o permite ter maior precisão nos resultados.

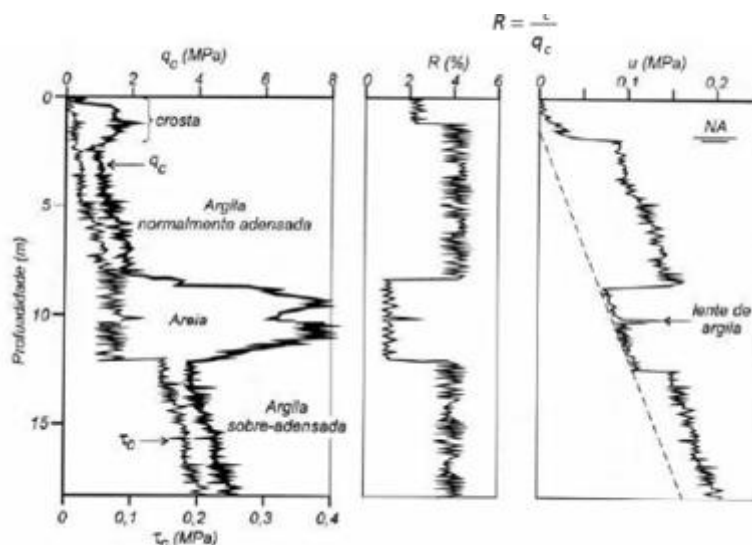


Figura 2.6 - Resultados de um ensaio CPTU  
Fonte: SAYÃO, 2021.

## 2.2 Locação e posicionamento do bloco de apartamentos

Visando uma insolação adequada dos cômodos bem como o conforto térmico, foi feito o posicionamento da edificação com a orientação da trajetória do Sol fornecida pela topografia através do posicionamento do Norte Geográfico e da respectiva latitude.

Posicionando uma das fachadas voltadas para o norte à 45 graus, faz com que dois apartamentos do pavimento recebam a luz solar durante a manhã e os outros dois no período da tarde, permitindo maior conforto térmico e economia de energia com climatização e iluminação artificial.

## 2.3 Informações pluviométricas

A avaliação dos índices pluviométricos da região onde será implantado o empreendimento é importante para verificar a quantidade de água a ser coletada pela cobertura da edificação que refletirá no dimensionamento do sistema de calhas, mas



também para avaliarmos a necessidade da instalação de um sistema de drenagem dada a topografia do local.

Por exemplo, taludes muito íngremes sujeitos a grande precipitação são mais propícios à erosão hídrica, portanto faz-se necessário a instalação de um sistema de canaletas e degraus para reduzir a velocidade das águas e promover maior durabilidade do sistema de drenagem. Outro elemento importante em sistemas de drenagem são as caixas de verificação que devem ser construídas a cada trecho pré-determinado.

Uma solução econômica e ecológica é a utilização destas águas para serviços como irrigação de jardins, lavagem de veículos, arrefecimento de coberturas e claraboias entre outras finalidades como até o tratamento da água para suprir a demanda por água potável.

No ANEXO G consta o documento contendo o índice pluviométrico da cidade de Três Rios, o mesmo sendo fornecido pelo Ministério de Minas e Energia, ano de publicação 2016.



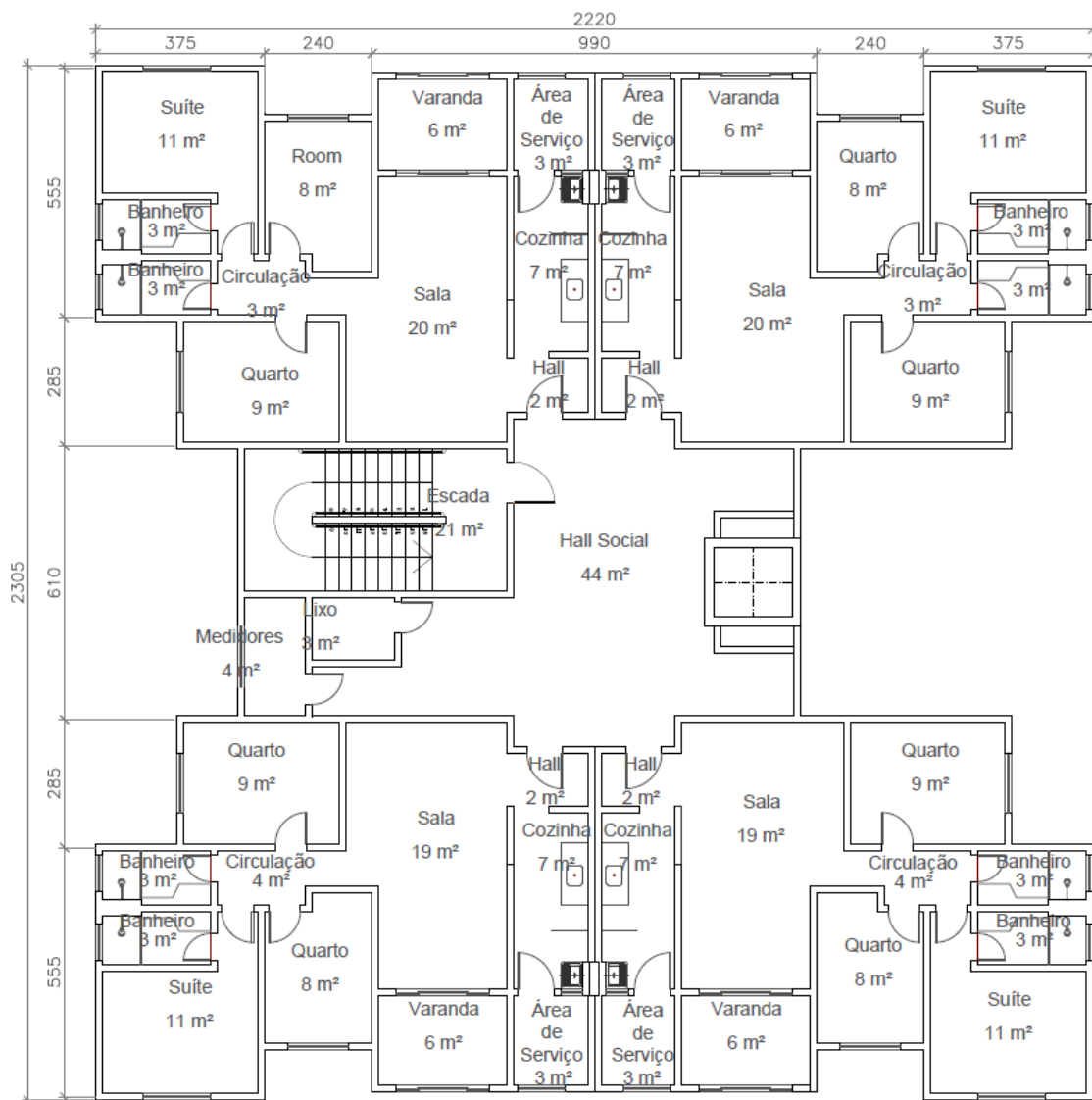


Figura 3.2 - Projeto arquitetônico do pavimento tipo da edificação

Fonte: Adaptação feita pelos autores do projeto de graduação sobre o projeto do apartamento da Construtora Mil. CONSTRUTORA MIL, 2021.

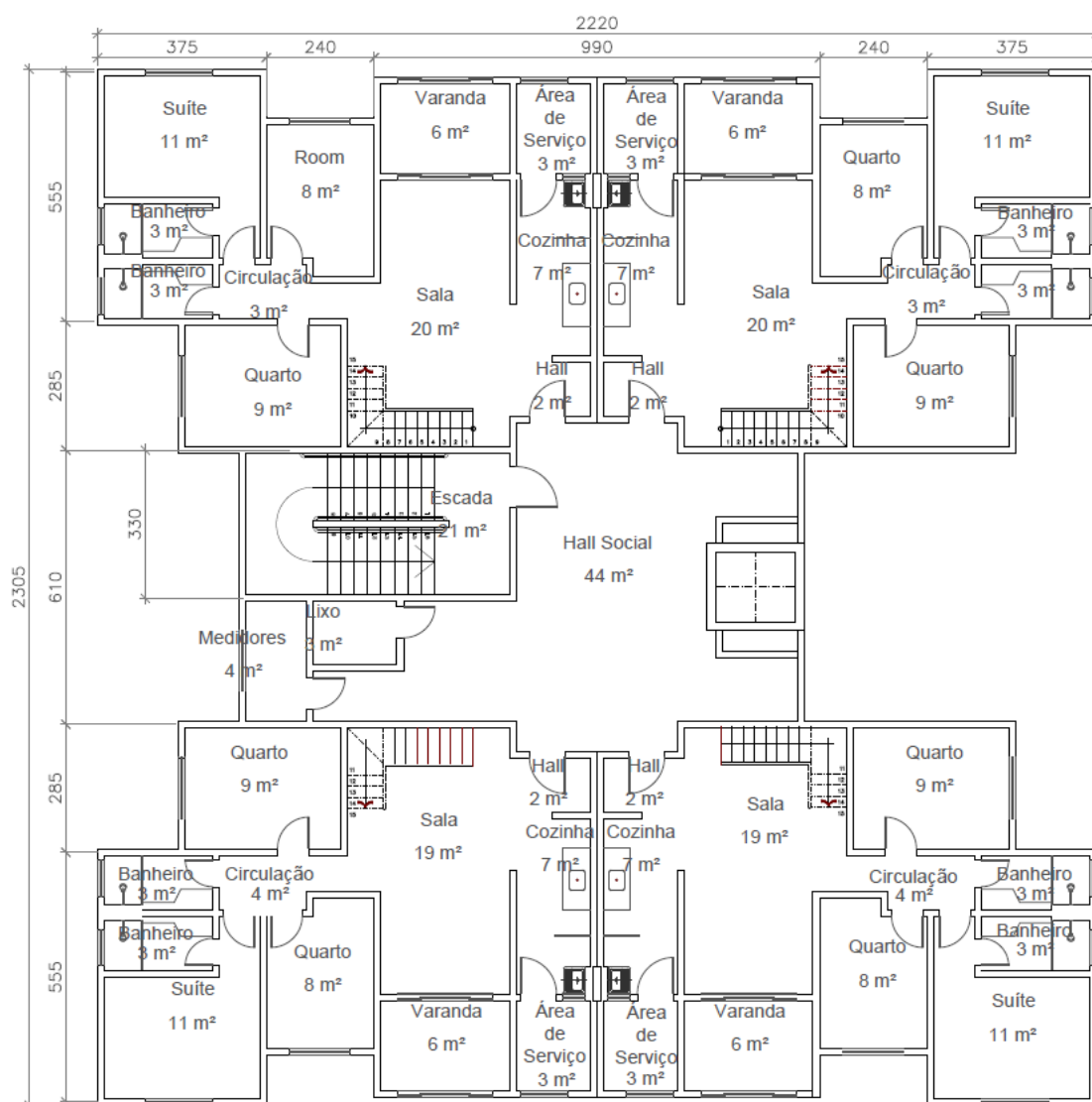


Figura 3.3 - Projeto arquitetônico do primeiro pavimento do apartamento de cobertura da edificação

Fonte: Adaptação feita pelos autores do projeto de graduação sobre o projeto do apartamento da Construtora Mil. CONSTRUTORA MIL, 2021.



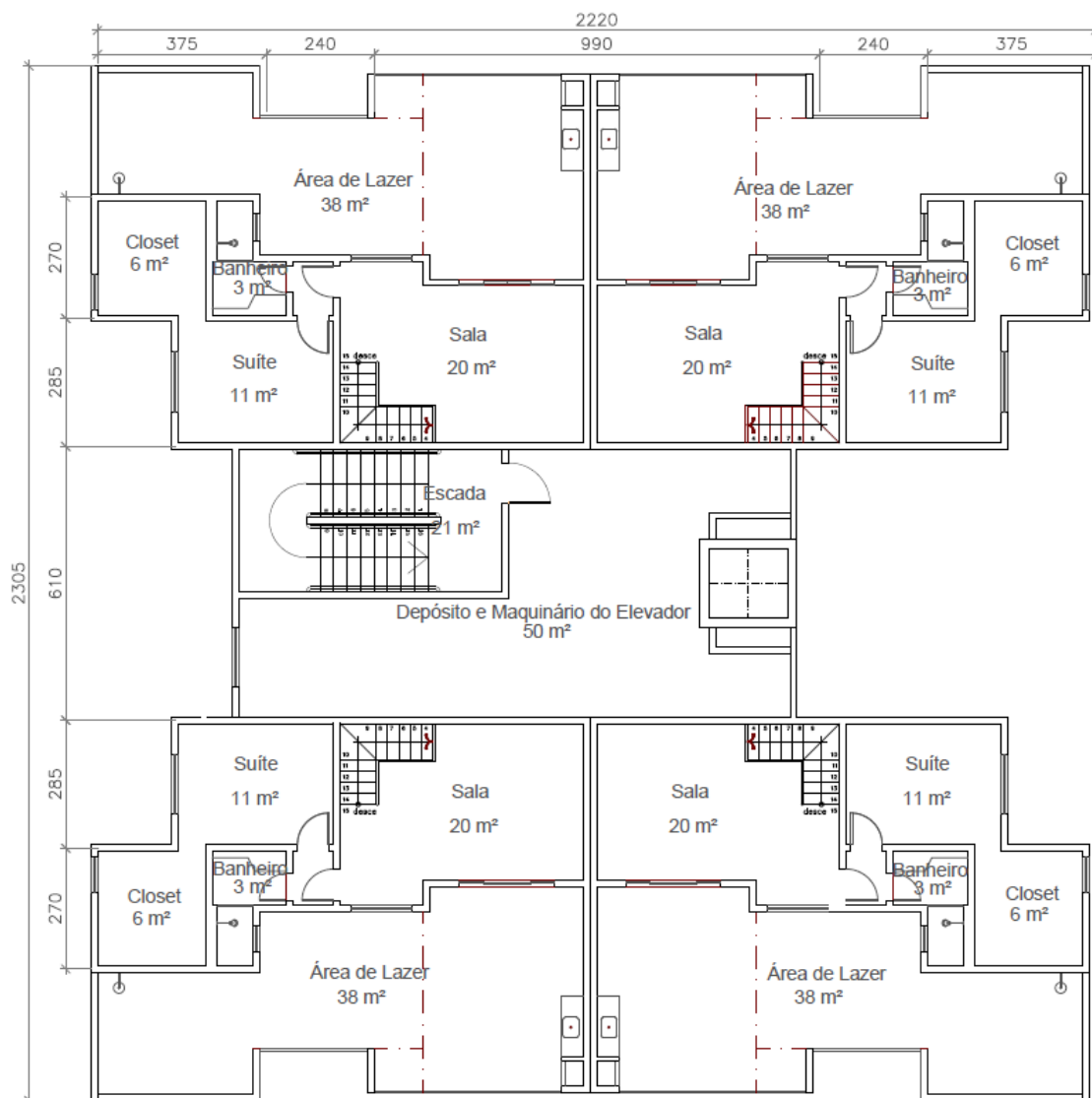


Figura 3.4 - Projeto arquitetônico do segundo pavimento do apartamento de cobertura da edificação

Fonte: Adaptação feita pelos autores do projeto de graduação sobre o projeto do apartamento da Construtora Mil. CONSTRUTORA MIL, 2021.

### 3.2 Utilização da tecnologia BIM

Para facilitar a concepção da arquitetura e poder modelar o edifício, a utilização do REVIT foi essencial, pois possibilitou a visualização de maneira ampla, permitindo que a compatibilização dos elementos estruturais fosse feita de forma clara e rápida, como é possível observar nas Figuras 3.5 e 3.6 abaixo.



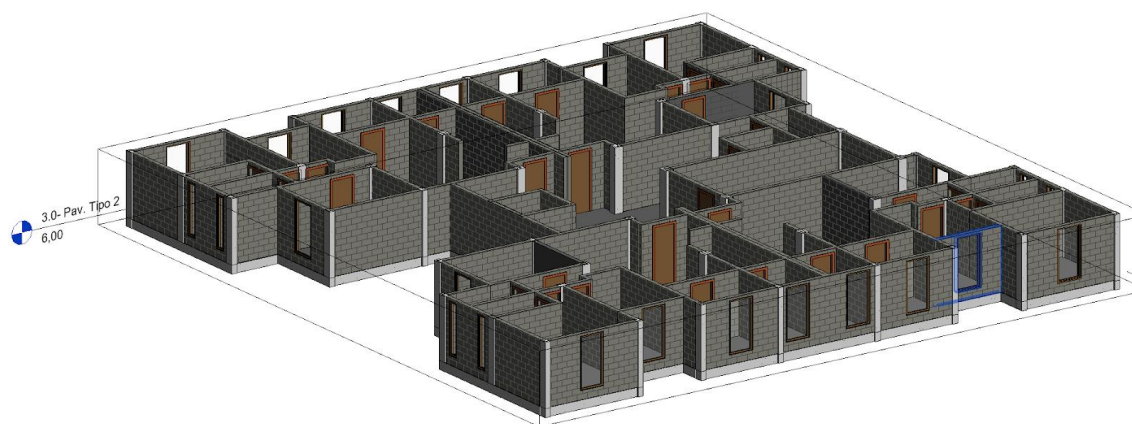


Figura 3.5 - Apresentação do pavimento tipo da edificação modelado no ambiente Revit  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

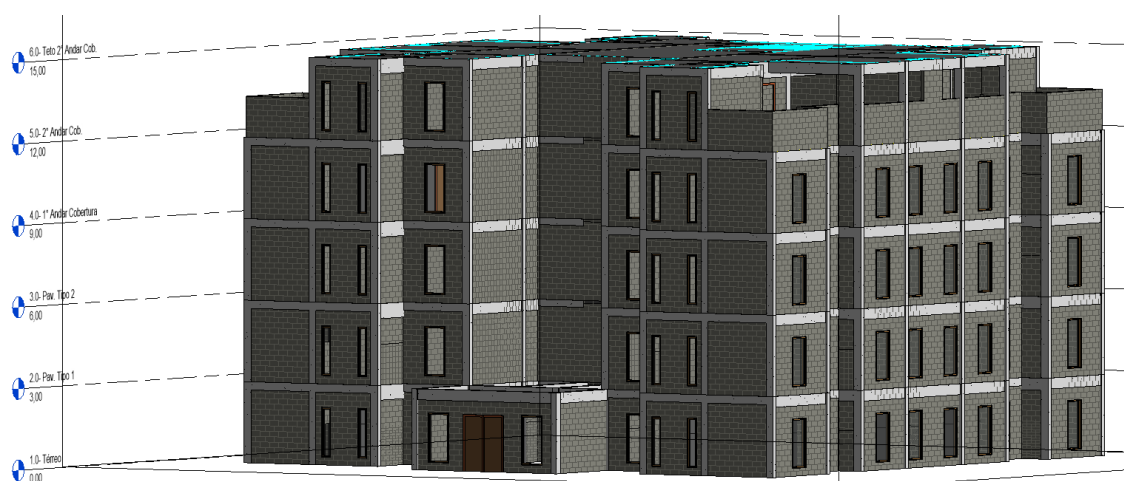


Figura 3.6 - Apresentação da edificação modelada no ambiente Revit  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Outro software utilizado neste trabalho e que conta com tecnologia BIM foi o TQS, que a partir importação das plantas e após ajustes feitos pelo usuário e desta forma o usuário consegue realizar os cálculos com o auxílio do software. Assim realizando o dimensionamento estrutural de forma mais rápida.

## 4 DEFINIÇÃO DOS MATERIAIS E MÉTODOS ADOTADOS

### 4.1 A escolha do método construtivo

Dada as características do local onde vai ser implantado o canteiro de obras, deve-se verificar a disponibilidade e o nível de qualificação da mão de obra local, a distância das empresas fornecedoras de materiais e prestadoras de serviço de forma que o frete possa ser economicamente viável e além de tudo ecológico.

Com essas premissas o empreendimento situado na Rua Marechal Rondon, número 179, Bairro Boa União, Três Rios, Estado do Rio de Janeiro. Optou-se pela construção utilizando Concreto Armado e as vedações utilizando bloco cerâmico vazado. A cobertura será feita com laje e dado os devidos tratamentos de impermeabilização. As fachadas serão pintadas utilizando a linha de tintas para fachadas Suvinil visando uma durabilidade adequada da pintura da edificação.



Figura 4.1 - R. Mal. Rondon, 179 - Boa União  
Fonte: GOOGLE MAPS, 2021.



Figura 4.2 - R. Mal. Rondon, 179 - Boa União

Fonte: GOOGLE MAPS, 2021.

## 4.2 Determinação do FCK e cobrimento

Por fim, para o nosso projeto faremos a minoração das propriedades de resistência do concreto utilizando o coeficiente de 1,4 segundo a norma que relaciona a precisão do método utilizado para a dosagem dos componentes do concreto a ser feito.

Por tanto para obtermos a resistência utilizada nos cálculos de projeto dividiremos o  $F_{ck}$  por 1,4 e assim teremos o  $F_{cd}$  que será utilizado nos cálculos.

A determinação da classe do concreto e o cobrimento nominal mínimo está relacionado ao nível de agressividade do ambiente no qual está inserido a construção. Quanto maior a classe do concreto, em teoria, maior é a sua resistência à compressão e menor a sua porosidade.

Portanto estas propriedades estão todas relacionadas na Norma e é baseado nelas que a tabela abaixo da NBR 6118 foi construída, e podemos extrair de forma direta a classe do concreto e a cobertura nominal mínima para concreto armado e para concreto protendido.



Para fins do projeto de graduação analisamos a composição da ocupação das áreas em torno da área a ser feita a edificação e não só a situação atual, mas vislumbramos de forma aproximada como esse cenário estaria em um horizonte de 30 à 50 anos que reflete de forma coerente uma vida útil para fins de estabelecer a classe de agressividade ambiental. Portanto, consideramos o projeto inserido dentro de um ambiente de CAA de classe II como descreve a imagem abaixo retirada de um slide de aula que teve como fonte a NBR.

Tabela 4.1 - Tabela de correspondência entre as classes de agressividade ambiental e a classe de concreto

Tabela 6.1 – Classes de agressividade ambiental (CAA)			
Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Frac	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: ABNT, NBR 6118.

O fator água cimento é outra grandeza que influencia diretamente na resistência e, portanto, na porosidade do concreto e por isso a NBR estabelece valores máximos deste fator a fim de manter um padrão máximo de porosidade como sabemos onde existe água no concreto após a secagem estes tornam-se vazios portanto os poros do concreto.





No projeto da edificação segundo a tabela abaixo que define o concreto a ser utilizado como sendo o concreto de classe C25 ou superior por isso adotamos a própria classe C25 que compreende concretos com resistência  $F_{ck}=25$  kPa e tendo fator água cimento igual ou inferior a 0,60. Lembrando que em nosso projeto estamos utilizando concreto armado CA como denomina a tabela retirada da NBR 6118.

O fator água cimento é outra grandeza que influencia diretamente na resistência e, portanto, na porosidade do concreto e por isso a NBR 6118 estabelece valores máximos deste fator a fim de manter um padrão máximo de porosidade como sabemos onde existe água no concreto após a secagem estes tornam-se vazios portanto os poros do concreto.

No projeto da edificação segundo a tabela 4.2 que define o concreto a ser utilizado como sendo o concreto de classe C25 ou superior por isso adotamos a própria classe C25 que compreende concretos com resistência  $F_{ck}=25$  kPa e tendo fator água cimento igual ou inferior a 0,60. Lembrando que em nosso projeto estamos utilizando concreto armado CA como denomina a tabela retirada da NBR 6118 de 2014.

Tabela 4.2 - Tabela de correspondência classe de agressividade ambiental e o fator de água cimento e a classe de concreto

**Tabela 7.1 – Correspondência entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto**

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,45$
	CP	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$	$\leq 0,50$	$\leq 0,45$
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	$\geq C20$	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C40$
	CP	$\geq C25$	$\geq C30$	$\geq C35$	$\geq C40$

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.  
<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.  
<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

Fonte: ABNT, NBR 6118.



Na Tabela 4.3 abaixo, temos as relações de cobrimento nominal mínimo segundo a classe de agressividade ambiental a qual estará submetida a estrutura. Para tal utilizaremos a linha destinada para concreto armado e a coluna de número II.

Tendo definido o cobrimento nominal mínimo temos que levar em conta que para fins construtivos a precisão de construção nem sempre atende as necessidades do projeto. Desta forma atribuí se o fator  $\Delta c$  que representa essa variação e para tal atribuímos o valor de 10 mm que será acrescido ao cobrimento nominal mínimo e então estaremos “garantindo” que mesmo com as imprecisões de construção não haverá nenhum trecho de armadura com cobrimento inferior ao nominal mínimo.

Logo estamos adotando para fins de cobrimento de projeto 35 mm (25 mm + 10 mm) para lajes, 40 mm (30 mm + 10 mm) para vigas e pilares e para elementos estruturais em contato com o solo será adotado 40 mm (30 mm + 10 mm) e ressaltando que para tais elementos como cita o item d da norma para elementos junto elementos de fundação o cobrimento mínimo deve ser de 45 mm ou superior logo adotaremos para tais casos 55 mm (45 mm + 10 mm).

Tabela 4.3 - Tabela de correspondência classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal de cada elemento

**Tabela 7.2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para  $\Delta c = 10$  mm**

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje <sup>b</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.

<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal  $\geq 15$  mm.

<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.

<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal  $\geq 45$  mm.

Fonte: ABNT, NBR 6118.



Em nosso projeto para fins de valores de cálculo utilizaremos os valores descritos abaixo correspondentes aos valores referentes a classe C25. Estes valores foram obtidos através de consulta a NBR 6118.

Por fim, para o nosso projeto faremos a minoração das propriedades de resistência do concreto utilizando o coeficiente de 1,4 segundo a norma que relaciona a precisão do método utilizado para a dosagem dos componentes do concreto a ser feito.

Por tanto para obtermos a resistência utilizada nos cálculos de projeto dividiremos o  $F_{ck}$  por 1,4 e assim teremos o  $F_{cd}$  que será utilizado nos cálculos.

Tabela 4.4 - Tabela de correspondência classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal de cada elemento

### Concreto - Propriedades

Propriedade		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
Resistência à compressão característica	$f_{ck}$ (MPa)	20	25	30	35	40	45	50
Resistência à tração média	$f_{ctm}$ (MPa)	2.21	2.56	2.90	3.21	3.51	3.80	4.07
Resistência à tração superior característica	$f_{ctk,sup}$ (MPa)	2.87	3.33	3.77	4.17	4.56	4.93	5.29
Resistência à tração inferior característica	$f_{ctk,inf}$ (MPa)	1.55	1.80	2.03	2.25	2.46	2.66	2.85
Módulo de elasticidade tangente inicial	$E_c$ (GPa)	25	28	31	33	35	38	40
Módulo de elasticidade secante	$E_{cs}$ (GPa)	21	24	27	29	32	34	37

Fonte: ABNT, NBR.

### 4.3 Propriedades do aço

Para este projeto, optou-se pela utilização do método construtivo em Concreto Armado, que teve suas propriedades definidas no tópico anterior, e agora o mesmo será feito com o aço utilizado.

Os tipos de aço utilizados foram o aço CA-50 e CA-60. Esses tipos de aço possuem características próprias, como o nome diz CA significa concreto armado e o 50 é a abreviação correspondente ao  $F_y$  do aço que é de 500 Mpa de resistência a tração pura. No caso do aço CA-60 a resistência à tração pura é de 600 MPa outras características e propriedades serão mostradas abaixo.

Lembrando que umas das propriedades do aço é apresentar a mesma resistência à tração e compressão lembrando que as barras de aços estão sujeitas a flambagem daí surge a necessidade da combinação do aço com o concreto. Portanto para fim de resistência o aço é um material isotrópico, ou seja, apresenta as mesmas propriedades em todas as direções.

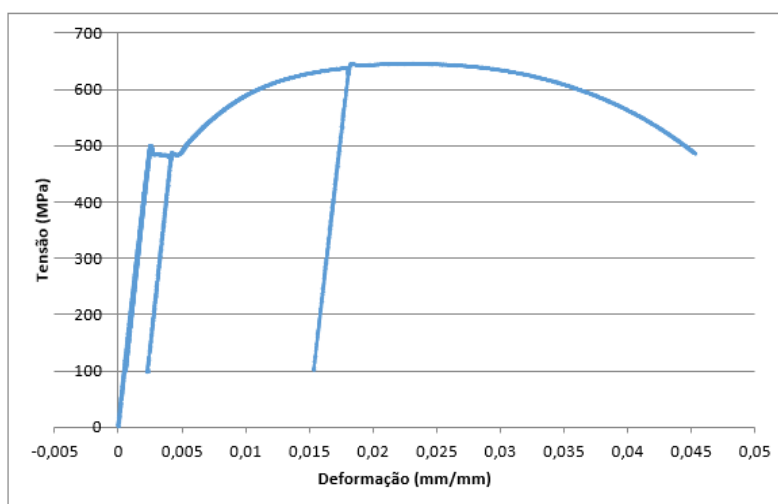


Figura 4.3 - Gráfico de tensão X Deformação de um ensaio de tração direta em uma barra de aço CA-50

Fonte: Trabalho do Laboratório de Materiais. PUC-Rio, 2021.





A Figura 4.4 abaixo, fornece para cada tipo de aço a sua resistência característica e a resistência adotada para o cálculo de projeto que consiste na divisão da resistência característica pelo coeficiente  $\gamma_s$  (1,15) de minoração da resistência. Ele representa a variação da qualidade do aço e nos garante uma maior probabilidade de estarmos utilizando a real capacidade portante do aço que será utilizado na construção. Ao final da divisão obtemos  $f_{yd}$  que é a resistência de projeto.

Os valores de  $f_{yd}$  e  $\epsilon_{yd}$ , para os aços destinados a estruturas de concreto armado estão mostrados na Tabela 4.1. Os valores de  $f_{yk}$  são determinados pela Equação 3.22 com o coeficiente de minoração da resistência  $\gamma_s$  igual a 1,15 (Tabela 3.9). Os valores de  $\epsilon_{yd}$  são definidos pela Lei de Hooke, onde o Módulo de Elasticidade  $E_s$  é tomado igual a 210 GPa (item 1.5.5).

Aço	$f_{yk}$	$f_{yd}$	$\epsilon_{yd}$
CA-25	250 MPa	217 MPa	1,035‰
CA-50	500 MPa	435 MPa	2,070‰
CA-60	600 MPa	522 MPa	2,484‰

Tabela 4.1: Aços - valores de cálculo - ELU<sup>20</sup>

Figura 4.4 - Tabela com as propriedades de cada tipo de aço utilizado na construção civil

Fonte: Apostila de Estruturas de Concreto Armado. UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2016.

$$E_s = 210 \text{ GPa} = 210\,000 \text{ MPa} = 21000 \text{ kN/cm}^2$$

Figura 4.5 - Trecho retirado

Fonte: Apostila de Estruturas de Concreto Armado, UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2016.



## 5 PROJETO ESTRUTURAL

### 5.1 Premissas e Considerações Adotadas

Antes de iniciarmos o projeto estrutural, foi necessário a definição de algumas premissas para, a partir delas, fazer o lançamento e pré-dimensionamento da estrutural:

- Definir a resistência característica do concreto;
- Definição do espaçamento mínimo e máximo entre pilares (3 e 6 metros respectivamente);
- Altura das vigas no pré-dimensionamento:  $Vão/10$ ;
- Pré-dimensionamento da laje:  $lx/40$  (sendo  $lx$  o menor vão);
- Pé direito arquitetônico ver ao final das instalações;
- Pé direito estrutural 3,00 metros.

#### 5.1.1 Lançamento da estrutura

Para definir a posição dos elementos estruturais como vigas e pilares é essencial um projeto arquitetônico para que os elementos não alterem as disposições definidas pela arquitetura e não influenciem no uso da edificação pelos futuros usuários dela. Com isso, fizemos a distribuição das vigas e pilares utilizando como base as instruções para lançamento de elementos estruturais fornecido no curso de Estruturas de Concreto Armado I, ele se encontra citado abaixo como material fornecido nas aulas do professor Daniel Cardoso (TAISSUM, 2020).

Orientações para lançamento e pré-dimensionamento de estruturas de concreto armado.

Pilares:

Começar lançamento pelo tipo e depois verificar demais pavimentos;

Pilares não devem ser posicionados no meio de cômodos e áreas úteis, em varandas e em esquadrias. A arquitetura deve ser respeitada;



A caixa de elevador pode ser tomada como conjunto de paredes de concreto armado e pode ser considerada um apoio (grande pilar). Também tem papel no sistema resistente às forças laterais;

Prover pilares nos quatro cantos da caixa de escada.

Os pilares devem ser distribuídos em malha de 3 a 6 m. Excepcionalmente podem ser adotadas distâncias maiores;

Área dos pilares = área de influência x número de pavimentos / 1000  $\geq$  400 cm<sup>2</sup>;

Dimensão mínima = maior (20 cm ou pé-direito/10). Preferência deve ser dada por pilares retangulares, com uma das dimensões sendo a mínima.

Altura das vigas = vão / 10;

Largura das vigas = 20 cm;

A altura das vigas também deve respeitar o limite para manutenção do pé-direito arquitetônico. Nesse caso, se a recomendação do vão/10 resultar em vigas altas, sugere-se aumentar sua largura ou adicionar mais vigas ao sistema; As vigas de bordo da edificação são normalmente 5 cm mais altas que as internas;

Para clareza estrutural e maior simplicidade na análise, sugere-se que o vigamento seja composto por um padrão de vigas principais, em geral apoiadas nos pilares. Sobre as vigas principais serão apoiadas as vigas secundárias, que dão suporte às lajes. Sugere-se que as vigas secundárias estejam espaçadas de 3 a 5 m.;

Sempre que possível, cada pilar deve ter uma viga em cada direção chegando nele ou próximo a ele;

Quando necessário, deve-se dispor de viga de transição com dimensões (60-80) / (80-120). Recomenda-se que essas vigas sejam adicionadas apenas no teto do subsolo.

Lajes:

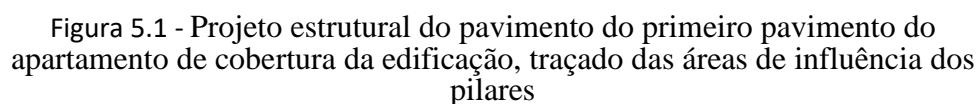
Para facilitar a análise, recomenda-se o uso de lajes nervuradas unidirecionais (do tipo pré-lajes treliçada), com uma direção de apoio predominante;

De preferência, adote uma única direção de apoio para todas as lajes do pavimento. Recomenda-se que as lajes se apoiem nas vigas secundárias, que estão mais próximas entre si. Assim, o vão de apoio da laje é a distância entre vigas secundárias;

Espessura da laje = vão de apoio/30. (TAISSUM, 2020).

### 5.1.2 Pré-dimensionamento

O pré-dimensionamento foi feito com base nas notas de aula acima e foram calculados através de tabelas desenvolvidas através do software Google Planilhas. As planilhas se encontram nos Anexo D, E e F ao final deste projeto. A figura 5.1, abaixo apresenta um exemplo feito como memória de cálculo a fim de representar a metodologia utilizada.



As planilhas utilizadas para os cálculos referentes ao pré-dimensionamento estão ao final nos Anexos D, E e F:

25



de reforçar o elemento estrutural e reduzir a sua esbeltez desta forma diminuindo a probabilidade de um possível efeito de flambagem no elemento.

Altura da viga:

Equação 5.1 – Pré-dimensionamento do vão de vigas.

$$h = \frac{vão}{10} = \frac{375}{10} = 37,5cm$$

Para tal viga escolhemos o maior pois este terá o maior valor de altura  $h$ , sendo assim estaremos a favor da segurança adotando este valor para toda viga. Mas como sabemos a execução da construção desses elementos está sujeita a uma precisão dos equipamentos e métodos utilizados. Com isso é necessário que os valores sejam arredondados para múltiplos de 5 cm no mínimo e sempre arredondando para um número maior para primarmos pela segurança da estrutura.

Com isso adotamos para essa viga (V15) base ( $b= 25$  cm) e altura ( $H=40$  cm).

Lajes:

Quanto às lajes realizamos primeiramente a escolha do tipo de laje dentre as diversas possibilidades, como as lajes com elementos pré-moldados, lajes moldadas em loco, que podem ser maciças ou nervuradas, além de verificar como se dará a distribuição de cargas nas lajes, que podem unidirecionais ou bidirecionais. Abaixo na Figura 5.2, há uma representação da distribuição de solicitações e carregamentos em uma construção hipotética, retirado das notas de aula da professora Lídia Shehata, professora de Estruturas de Concreto Armado II (ENG-1219) -PUC Rio.

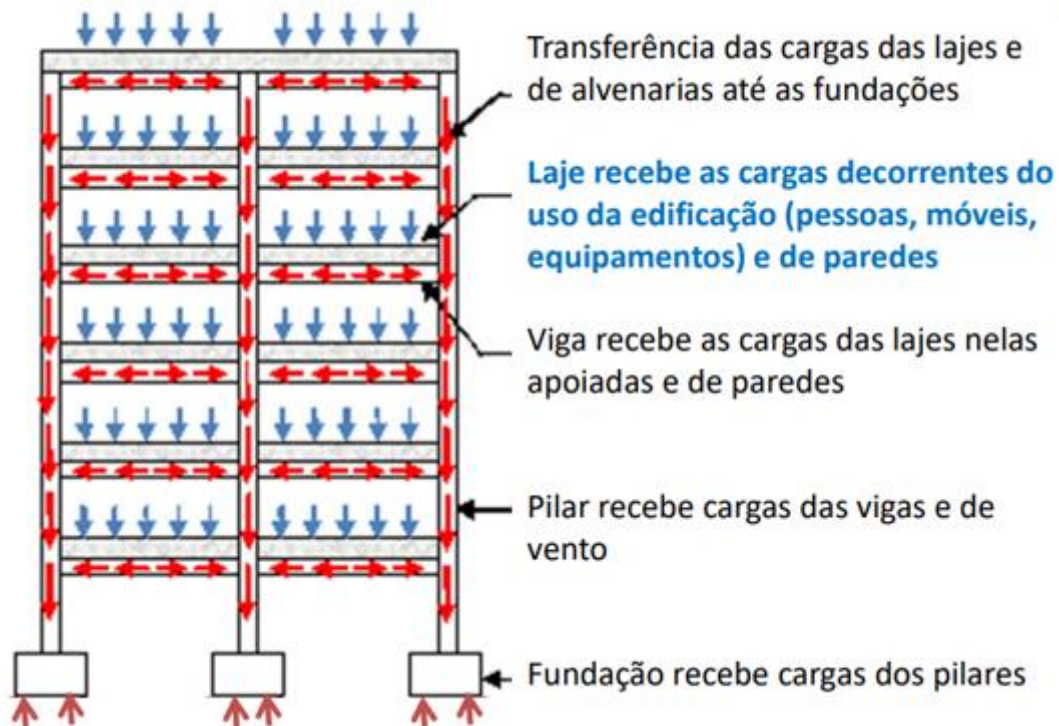


Figura 5.2 - Esquema do caminhamento dos esforços em função das cargas aplicadas em um pórtico explicativo genérico

Fonte: SHEHATA, 2021.

Optou-se, para o projeto aqui apresentado, o uso de lajes maciças utilizando a fórmula para verificar qual seria o tipo de distribuição, unidirecional ou bidirecional. A fórmula está descrita abaixo em que  $l_x$  representa a medida do menor lado da laje retangular e  $l_y$  representa o maior sendo assim a relação abaixo é sempre maior que 1:

- Armadas em uma direção:

Equação 5.2 - Critério para lajes unidirecionais.

$$\frac{l_x}{l_y} > 2$$



- Armadas em duas direções:

Equação 5.3 - Critério para lajes bidirecionais.

$$\frac{l_x}{l_y} \leq 2$$

Previamente definido o tipo de laje e o tipo de apoio seguimos com o pré-dimensionamento da mesma, agora definindo uma primeira espessura para a laje maciça. O pré-dimensionamento para a altura  $h$  da laje, sendo esta sua espessura, foi segundo a equação abaixo:

Equação 5.4 – Pré-dimensionamento do vão de lajes.

$$h = \frac{l_x}{40}$$

Logo após o cálculo arredondamos este valor, quando não inteiro, para um valor maior e definimos uma altura  $h$  que fosse satisfazer todas as lajes e respeitando a espessura mínima definida pelo item 13.2.4.1 da NBR6118, como segue descrito abaixo:

- 7 cm para cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço;
- 10 cm para lajes que suportem veículos de peso total menor ou igual a 30 kN;
- 12 cm para lajes que suportem veículos de peso total maior que 30 kN;
- 15 cm para lajes com protensão apoiadas em vigas, com o mínimo de  $l/42$  para lajes de piso bi apoiadas e  $l/50$  para lajes de piso contínuas;



- 16 cm para lajes lisas e 14 cm para lajes-cogumelo, fora do capitel.

Ao final, foi definida a altura da laje em todo pavimento como sendo de 10 cm, pois esta atende aos requisitos mínimos descritos acima e nas condições supracitadas citadas.

As tabelas referentes aos cálculos de pré-dimensionamento das lajes se encontram ao final deste trabalho como sendo o Anexo F:

Equação 5.5 – Pré-dimensionamento de pilares.

Pilar:

$$\text{Área do pilar} = \frac{\text{Área de Influência} \times N^{\circ} \text{ de Pavimentos}}{1000} \geq 400\text{cm}^2$$

$$\text{Área do pilar} = \frac{\text{Área de Influência} \times 5}{1000} \geq 400\text{cm}^2$$

Dimensão mínima = maior (20 cm ou pé-direito/10). Preferência deve ser dada por pilares retangulares para fins de facilitar o processo construtivo, com uma das dimensões sendo a mínima.

A planilha de cálculo utilizada para o pré-dimensionamento dos pilares da edificação se encontra ao final deste trabalho como sendo o ANEXO D.





## **6 DETALHAMENTO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS SELECIONADOS**

Nesta parte iremos realizar o cálculo de algumas vigas escolhidas para dimensionamento das armaduras. Para isso, estaremos citando abaixo as teorias e conceitos que serão utilizados nos cálculos.

Nos subitens abaixo temos as definições dos limites para os quais haverá o cálculo da resistência da estrutura. Para o estado limite último e de serviço, para o ELU levando em conta os coeficientes de majoração de cargas e minoração das propriedades de resistência do material. Em relação ao estado limite de serviço é feita a verificação das deformações mais especificamente da flecha nos casos de vigas e lajes e além dos ELU e ELS é feita a verificação através das propriedades geométricas das seções quanto aos efeitos de flambagem em pilares e vigas.

### **6.1 Estados limites último e de serviço**

Para fins do nosso projeto, calculamos as armaduras a serem colocadas no concreto baseado nos esforços previstos para o Estado limite último, ou seja, a ruptura do elemento e o colapso da estrutura.

Esta análise permite estabelecer as distribuições de esforços internos, as tensões as deformações e os deslocamentos, em parte ou em toda a estrutura (CARVALHO; FILHO, 2021).

Para o Estado Limite de Serviço utilizamos a combinação de cargas para que então possa ser calculado o valor da flecha dos elementos, para que se possa fazer a verificação



das mesmas, com a finalidade de atestar a manutenção da funcionalidade da edificação à qual lhe foi proposta em projeto.

### 6.1.1 Considerações para cálculo no ELU e ELS

Nesta etapa vamos fazer as considerações para cálculo das solicitações às quais a estrutura estará submetida. Para tal, iremos fazer as considerações para os Estados Limites Último e de Serviço.

Para o Estado Limite de Ultimo, deve-se majorar as cargas atuantes desfavoráveis e desconsiderar as favoráveis, como demonstrado na Equação 6.1.

Equação 6.1 - Combinação no ELU

$$F_d = \gamma_g F_{gk} + \gamma_q F_{q1k} + \gamma_g \sum_{j=2}^n \psi_{0j} F_{qjk}$$

$$\gamma_g = \gamma_q = 1,4$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Esta combinação se dá pela multiplicação dos coeficientes gama pelas solicitações e cargas que a estrutura deve suportar. Exemplos destes são o peso próprio, cargas de ocupação e utilização da edificação.

Multiplicamos as cargas por 1,4 que é o valor correspondente para os coeficientes gama com índice g e q. Esse incremento de 40% na capacidade portante da estrutura tem como objetivo de garantir a segurança da edificação a possíveis variações das cargas acidentais e outros fatores, uma vez que o colapso da estrutura é algo gravíssimo e, portanto, temos que mitigar essa probabilidade de ocorrência aplicando esses coeficientes que visam a segurança.



Já para o Estado Limite de Serviço faz-se uma combinação de esforços como mostrado na Equação 6.2. Após a aplicação desta combinação de carregamentos, fizemos o cálculo da flecha obtida para fazer a comparação com a flecha máxima permitida pela Norma, que visa o conforto do usuário, assim como a integridade de outros elementos estruturais, sem interferências das deformações.

Equação 6.2 - Combinação de cargas acidentais e peso próprio.

$$F_d = F_{gk} + \psi_1 F_{q1k} + \sum_{j=2}^n \psi_{2j} F_{qjk}$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Para as combinações do ELS temos que para o peso próprio da estrutura não faremos qualquer alteração logo tem que o coeficiente implícito é 1 para tais carregamentos. Quanto aos outros esforços como ocupação por pessoas, equipamentos, veículos ou cargas de vento, devemos criar a combinação do cenário mais crítico aplicando os coeficientes descritos na tabela abaixo para que então possamos fazer os cálculos de flechas aplicando na estrutura os esforços da combinação feita.

O valor dos fatores de redução,  $\psi$ , presentes nas fórmulas é tabelado e deve ser obtido analisando qual se adequa ao carregamento que está sendo analisado.



Tabela 6.1 - Valores do coeficiente  $\gamma_{f2}$

Tabela 11.2 – Valores do coeficiente  $\gamma_{f2}$

Ações		$\gamma_{f2}$		
		$\psi_0$	$\psi_1^a$	$\psi_2$
<b>Cargas acidentais de edifícios</b>	Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas <sup>b</sup>	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevada concentração de pessoas <sup>c</sup>	0,7	0,6	0,4
	Biblioteca, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
<b>Vento</b>	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
<b>Temperatura</b>	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3

<sup>a</sup> Para os valores de  $\psi_1$  relativos às pontes e principalmente para os problemas de fadiga, ver Seção 23.  
<sup>b</sup> Edifícios residenciais.  
<sup>c</sup> Edifícios comerciais, de escritórios, estações e edifícios públicos.

Fonte: ABNT, NBR 6118.

## 6.2 Premissas e Considerações Adotadas

Para a elaboração de projetos de detalhamento de elementos estruturais devemos considerar o estado limite ultimo como base para o dimensionamento dos carregamentos.

Para tal, fizemos uso das normas NBR-6118 de 2014 e NBR 6120 de 1980 respectivamente a Norma que trata de concreto armado e a norma referente a carregamentos em elementos estruturais.

### 6.2.1 Cálculo das Solicitações e Esforços nos Elementos Estruturais

Para as combinações citadas nos itens anteriores, a NBR 6120 estabelece as cargas a serem utilizadas nos cálculos, sendo estas as cargas acidentais, verticais e horizontais,



valores referentes a peso próprio de cada material e para cada tipo de alvenaria de vedação adotada.

Cargas adotadas no pavimento tipo do prédio, que será objeto de estudo deste trabalho:

**Cargas Permanentes:**

Bloco cerâmico vazado de 19cm e 1cm de revestimento em cada face – 1,8 kN/m<sup>2</sup>

Revestimento – 1,0 kN/m<sup>2</sup>

Peso específico do concreto armado – 25 kN/m<sup>3</sup>

**Carga Acidental:**

Corredores de uso comum – 3 kN/m<sup>2</sup>

Dispensa, área de serviço e lavanderia – 2 kN/m<sup>2</sup>

Demais áreas do pavimento – 1,5 kN/m<sup>2</sup>

### **6.2.2 Detalhamento de Vigas**

O detalhamento das vigas teve início com a definição das cargas atuantes, etapa essa vista no item 6.2.1. Posteriormente, de posse das cargas atuantes, modelamos a viga no software FTOOL, e verificamos seus diagramas de momento fletor e de cortante.

O cálculo das armaduras de flexão é um dos pontos mais importantes na etapa de detalhamento, nela é feita a verificação da armadura necessária aos momentos fletores. Esta é calculada no ELU, pois considera-se que os elementos limites dos materiais, que pode ocorrer tanto pela ruptura do concreto quanto pela deformação excessiva da armadura tracionada, como citado por Carvalho e Filho (2021).



Para este trabalho foram escolhidas algumas vigas para serem calculadas de forma manual e a escolha consistiu de forma a abordar o maior número de casos possíveis de cálculo que foi o caso da viga V2 e V51 com os resultados de ambas é possível dimensionar o pilar P2.

O estado de flexão simples pode ser caracterizado em seus 3 estádios da seguinte forma:

Estádio 1 - Aço em concreto em regime linear, não havendo fissuras visíveis;

Estádio 2 - Aço em concreto em regime linear, concreto fissurado;

Estádio 3 - Elementos não se encontram mais no regime linear.

Para seções retangulares, podemos nos utilizar de fórmulas adimensionais para simplificar os cálculos, sendo assim, como demonstrado por Carvalho e Filho (2021), chegaremos na área de aço por meio das seguintes equações:

Dividindo a equação a seguir por  $\frac{M_d}{bd^2f_{cd}}$ , teremos:

Equação 6.3 - Simplificação da equação para a obtenção do Kmd

$$\frac{M_d}{bd^2f_{cd}} = \frac{(0,68xd - 0,27x^2)b_wf_{cd}}{b_wd^2f_{cd}} = 0,68\frac{x}{d} - 0,272\frac{x^2}{d^2}$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Definindo Kmd como  $\frac{M_d}{bd^2f_{cd}}$  e  $x/d$  como  $K_x$ , conseguimos simplificar ainda mais a equação:

Equação 6.4 - Cálculo do Kmd

$$Kmd = 0,68k_x - 0,272k_x^2$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



$K_x$  só podendo variar entre 0 e 1.

A equação 6.5, que nos fornece o braço de alavanca  $z$  pode ser simplificada sendo dividida por  $d$ .

Equação 6.5 - Cálculo do braço de alavanca da armadura positiva

$$z = d - 0,4x$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Equação 6.6 - Cálculo do braço de alavanca com a variável já isolada

$$\frac{z}{d} = \frac{d - 0,4x}{d}$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Adotando  $x/d$  como  $K_z$ , teremos:

Equação 6.7 - Cálculo do  $k_z$

$$k_z = 1 - 0,4k_x$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

E assim podemos definir a expressão da área da armadura como:

Equação 6.8 - Cálculo da armadura de aço

$$A_s = \frac{M_d}{k_z d f_{yd}}$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Como  $K_x$  só pode variar entre 0 e 1, é possível montar uma tabela para facilitar ainda mais as contas, como pode ser observado a seguir:





Tabela 6.2 - Tabela relacionando valores de KMD, Kx e Kz

$f_{ck}$	$\leq 50 \text{ MPa}$	
$\epsilon_{cu}$ e $k_{lim23}$	3,500	0,259
$\lambda$ e $\alpha_c$	0,800	0,850
$K_x$	$K_z$	$K_{md}$
0,02	0,992	0,013
0,04	0,984	0,027
0,06	0,976	0,040
0,08	0,968	0,053
0,10	0,960	0,065
0,12	0,952	0,078
0,14	0,944	0,090
0,16	0,936	0,102
0,18	0,928	0,114
0,20	0,920	0,125
0,22	0,912	0,136
0,24	0,904	0,148
0,26	0,896	0,158
0,28	0,888	0,169
0,30	0,880	0,180
0,32	0,872	0,190
0,34	0,864	0,200
0,35	0,860	0,205
0,37	0,852	0,214
0,39	0,844	0,224
0,41	0,836	0,233
0,43	0,828	0,242
0,45	0,820	0,251

Fonte: TAISSUM, 2020.

Ainda segundo Carvalho e Filho (2021), a Tabela 6.2 está compreendida do estágio 2 até parte do 4, mas só os valores de Kx abaixo de 0,45 tem validade para evitar rupturas.

Para o cálculo da armadura necessária para esforço cortante, foi utilizado o modelo I, no qual assume-se que as diagonais de compressão têm inclinação de  $45^\circ$  e  $V_c$ , que é a parcela da força cortante resistida por mecanismos complementares ao modelo em treliça, tem valor constante.

O valor máximo da cortante que a viga suporta sem que ocorra a ruína da biela (diagonal comprimida) é determinado pelo valor de  $V_{rd2}$  definido pela equação 6.9 abaixo:



Equação 6.9 - Cálculo do maior valor de cortante suportado pela biela

$$V_{Rd2} = 0,54 \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) f_{cd} b d$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Logo, se o valor calculado para  $V_{rd2}$  for maior que o valor do cortante, não haverá esmagamento da biela.

O valor de  $V_c$ , correspondente à parcela que o concreto irá contribuir nos esforços é calculada pela equação:

Equação 6.10 - Cálculo da contribuição para suporte do esforço cortante

$$V_c = 0,6 f_{ctd} b d$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

A área de aço da armadura transversal é então definida:

Equação 6.11 - Dimensionamento da armadura transversal de aço

$$\frac{A_s}{s} = \frac{V_d - V_c}{0,9 d f_{yd}}$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Sendo a armadura mínima definida por:

Equação 6.12 - Cálculo da armadura transversal

$$\left( \frac{A_s}{s} \right)_{min} = 0,2 b \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$



Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

O comprimento básico de ancoragem (equação 6.12), foi determinado verificando-se o  $f_{bd}$ , que é a resistência de aderência de cálculo entra a armadura passiva e o concreto, como pode ser visto na equação 6.13.

Equação 6.13 - Cálculo da resistência de aderência

$$f_{bd} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 f_{ctd}$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Sendo:

$\eta_1 = 2,25$  para barras de alta aderência (CA50)

$\eta_2 = 1$  para situações de boa aderência

$\eta_2 = 0,7$  para situações de má aderência

$\eta_3 = 1,0$  para  $\phi < 32\text{mm}$

Equação 6.14 - Cálculo do comprimento básico de ancoragem

$$L_b = \frac{\phi f_{yd}}{4 f_{bd}}$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



### 6.2.2.1 Resultado dos cálculos V2

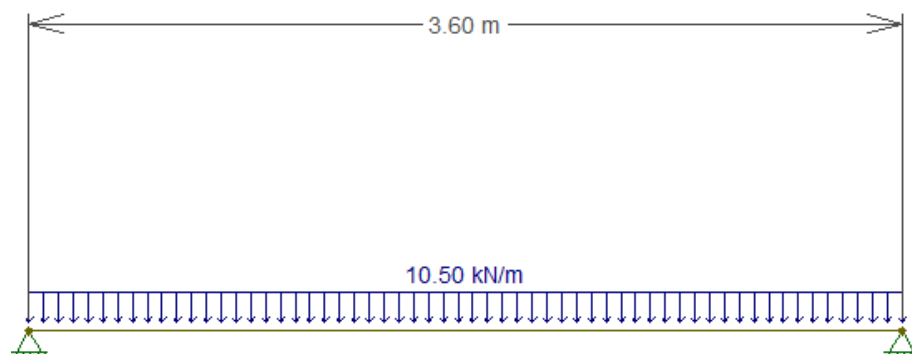


Figura 6.1 - Carregamento da viga 2  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

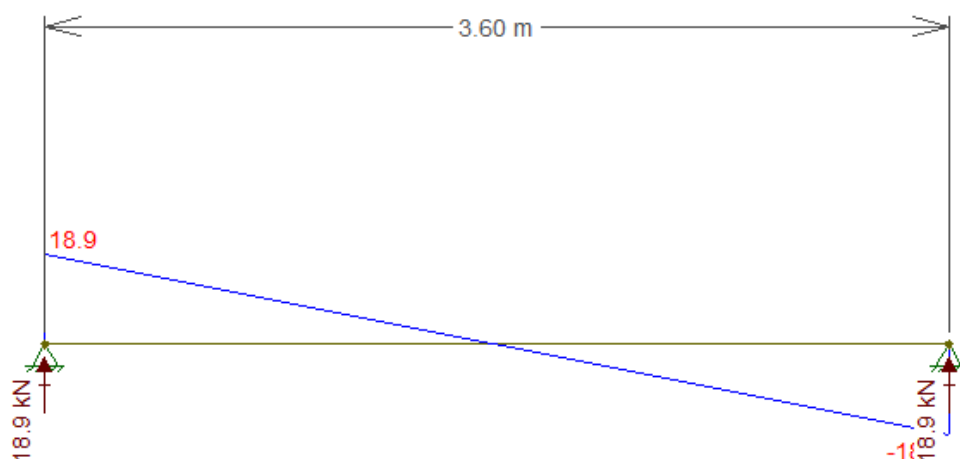


Figura 6.2 - Diagrama de cortante da viga 2  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

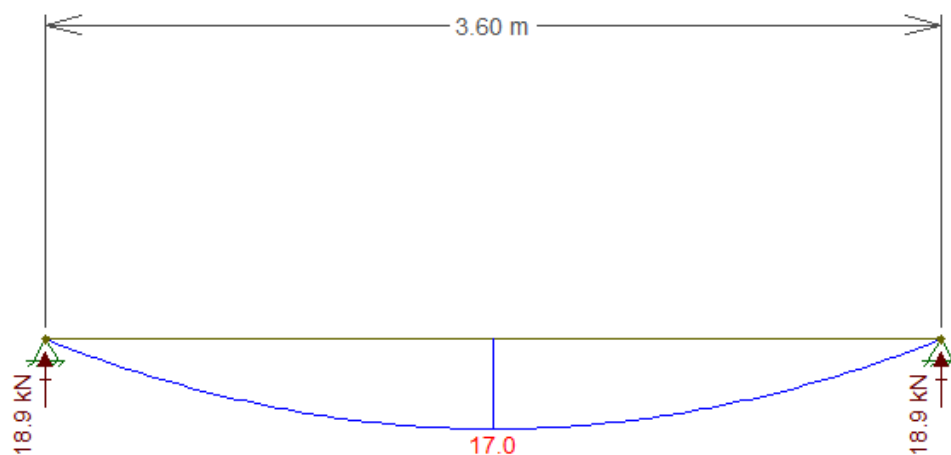


Figura 6.3 - Diagrama de momento da viga 2  
Fonte: Elaborado pelos autores.



Tabela 6.3 - Flexão Positivo

Flexão Positivo		
Mk+	17	kN.m
Md+	23,8	kN.m
kmd	0,051	Não precisa de armadura de compressão
kx	0,078	
kz	0,969	
As+	1,6	cm <sup>2</sup>
Asmin	1,2	cm <sup>2</sup>
As,adot	2,36	cm <sup>2</sup> 3 de 10

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.4 - Flexão Negativo

Flexão Negativo		
Mk-	0	kN.m
Md-	0	kN.m
kmd	0,000	Não precisa de armadura de compressão
kx	0,000	
kz	1,000	
As-	0,0	cm <sup>2</sup>
Asmin	1,2	cm <sup>2</sup>
As,adot	1,57	cm <sup>2</sup> 2 de 10

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.5 - Cortante

Cortante		
Vk	18,9	kN
Vd	26,5	kN
alpha v2	0,9	
Vrd2	312,429	Não ocorrerá esmagamento do concreto
fctd	1,28	
Vc	55,403	kN
As/s	0,4	cm <sup>2</sup> /m
fctm	2,6	
(As/s)min	2,05	cm <sup>2</sup> /m
(As/s)adot	2,67	Adotado 5 de duas pernas a cada 15

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.6 - Decalagem

Decalagem		
Vd	26,5	kN
Vc	23,2	kN
d	0,36	
al	0,18	m
al adot	0,36	m

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.7 - Comprimento de Ancoragem Básico

Comprimento de Ancoragem Básico		
Armadura Superior		
n1	2,25	kN
n2	0,7	para zona de má aderência (superior)
n3	1	para $\phi < 32$ mm
fctd	1,28	
fbd	2,02	MPa
Lb	53,8	cm <sup>2</sup>
Armadura Inferior		
n1	2,25	kN
n2	1	para zona de má aderência (superior)
n3	1	para $\phi < 32$ mm
fctd	1,28	
fbd	2,89	MPa
Lb	37,7	cm <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.8 - Armadura Inferior Necessária nos Apoios

Armadura Inferior Necessária nos Apoios		
Apoios Extremos		
$A_{s,v\grave{a}o/3}$	0,5231866325	cm <sup>2</sup>
$((V_{d,apoio} \cdot a_l)/f_{yd})$	0,60858	cm <sup>2</sup>
$A_{s,apoioext}$	0,61	cm <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.9 - Ancoragem das Armaduras Inferiores

Ancoragem das Armaduras Inferiores		
Apoios Extremos		
Alpha	0,7	
Lb,nec	13	cm

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



### 6.2.2.2 Resultado dos cálculos V51

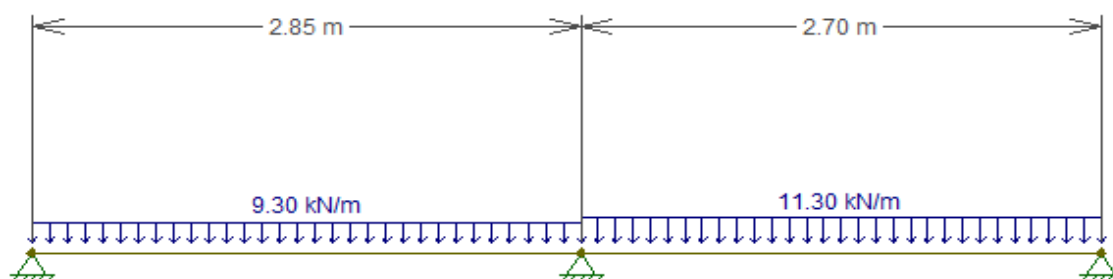


Figura 6.4 - Carregamento da viga 51  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

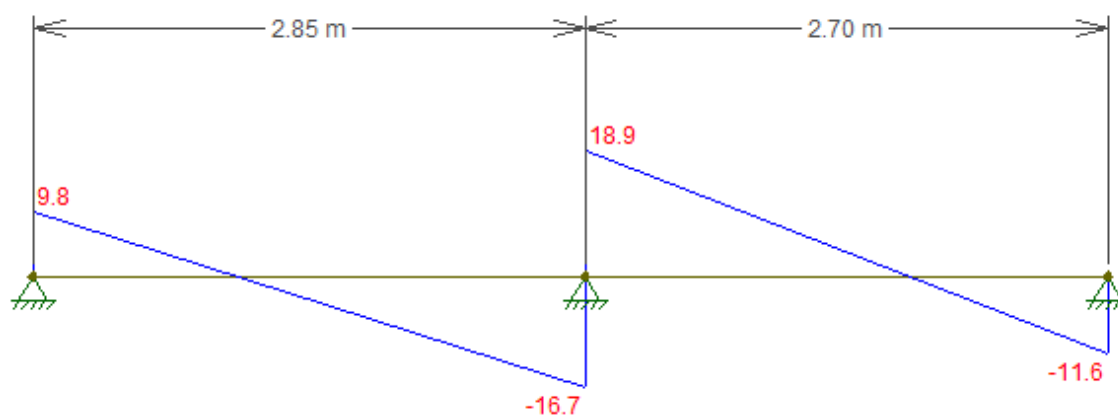


Figura 6.5 - Diagrama de cortante da viga 51  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

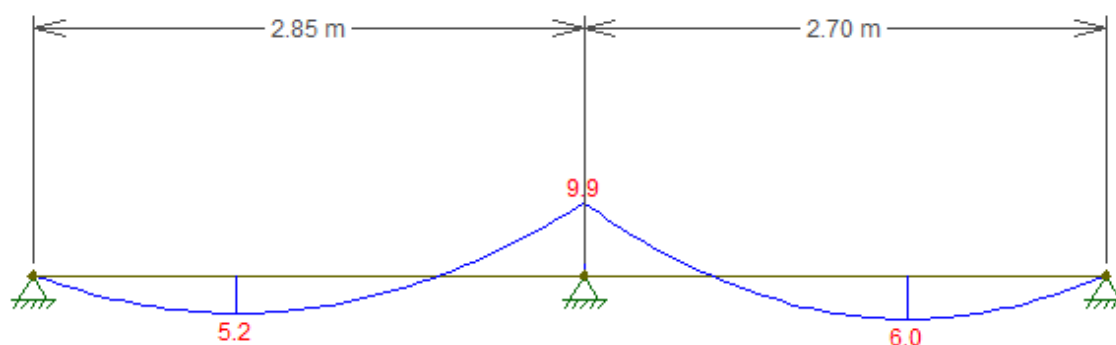


Figura 6.6 - Diagrama de momento da viga 51  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.10 - Flexão Positivo

Flexão Positivo		
Mk+	6	kN.m
Md+	8,4	kN.m
kmd	0,032	Não precisa de armadura de compressão
kx	0,048	
kz	0,981	
As+	0,7	cm <sup>2</sup>
Asmin	0,9	cm <sup>2</sup>
As,adot	1,57	cm <sup>2</sup> 2 de 10

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.11 - Flexão Negativo

Flexão Negativo		
Mk-	9,9	kN.m
Md-	13,86	kN.m
kmd	0,053	Não precisa de armadura de compressão
kx	0,081	
kz	0,968	
As-	1,2	cm <sup>2</sup>
Asmin	0,9	cm <sup>2</sup>
As,adot	1,57	cm <sup>2</sup> 2 de 10

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.12 – Cortante

Cortante		
Vk	18,9	kN
Vd	26,46	kN
alpha v2	0,9	
Vrd2	234,321	Nao ocorrerá esmagamento do concreto
fctd	1,28	
Vc	41,552	kN
As/s	0,0	cm <sup>2</sup> /m
fctm	2,6	
(As/s)min	2,05	cm <sup>2</sup> /m
(As/s)adot	2,67	Adotado 5 de duas pernas a cada 15

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.13 – Decalagem

Decalagem		
Vd	25.1	kN
Vc	9.2	kN
d	0,27	
al	-0,24	m
al adot	0,27	m

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.14 - Comprimento de Ancoragem Básico

Comprimento de Ancoragem Básico		
Armadura Superior		
n1	2,25	kN
n2	0,7	para zona de má aderência (superior)
n3	1	para $\phi < 32$ mm
fctd	1,28	
fbd	2,02	MPa
Lb	53,8	cm <sup>2</sup>
Armadura Inferior		
n1	2,25	kN
n2	1	para zona de má aderência (superior)
n3	1	para $\phi < 32$ mm
fctd	1,28	
fbd	2,89	MPa
Lb	37,7	cm <sup>2</sup>

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.15 - Armadura Inferior Necessária nos Apoios

Armadura Inferior Necessária nos Apoios		
Apoios Extremos		
As,vão/3	0,24	cm <sup>2</sup>
$((V_{d,apoio} \cdot a_l)/f_{yd})$	0,61	cm <sup>2</sup>
As,apoioext	0,61	cm <sup>2</sup>
As,adot	1,57	cm <sup>2</sup> 2 de 10
Apoios Internos		
As,vão/3	0,24	cm <sup>2</sup>
As,adot	1,57	cm <sup>2</sup> 2 de 10

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.16 - Ancoragem das Armaduras Inferiores

Ancoragem das Armaduras Inferiores		
Apoios Extremos		
Alpha	0,7	
Lb,nec	15	cm

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.17 - Verificação ELS

Verificação ELS		
Momento Positivo		
As	1,57	cm <sup>2</sup>
n	9	
X <sub>II</sub>	5,4	cm
I <sub>II</sub>	7458,9	cm <sup>4</sup>
sigma si	15,2	kN/cm <sup>2</sup>
sigma si	152	MPa
Wk1	0,00004559454736	m
Wk1	0,046	mm
Wk2	0,00005186050233	m
Wk2	0,05186050233	mm
Momento Negativo		
As	1,57	cm <sup>2</sup>
n	9	
X <sub>II</sub>	5,44	cm
I <sub>II</sub>	6410,3	cm <sup>4</sup>
sigma si	17,7	kN/cm <sup>2</sup>
sigma si	176,6	MPa
Wk1	0,00006	m
Wk1	0,0617	mm
Wk2	0,00006034425846	m
Wk2	0,060	mm

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



### 6.2.3 Detalhamento das lajes

A laje maciça, escolhida para o projeto, distribuem as cargas atuantes para todas as vigas em seu contorno, diferentemente das lajes pré-moldadas, que possuem uma direção específica de distribuição de cargas, assim temos um melhor aproveitamento das vigas que contornam a laje.

O pré-dimensionamento da altura das lajes foi feito como já visto anteriormente na equação 5.4.

As lajes L5, L7 e L9, que serão analisadas, tiveram suas alturas definidas na fase de pré-dimensionamento, ficando todas com 10cm de altura. Estas lajes foram escolhidas pois, em seu dimensionamento, abordariam todos os tipos de verificação de armaduras além de possibilitar obter os carregamentos para verificação das vigas V2 e V51 e do pilar P4.

Definidas as cargas, calcula-se a combinação do estado limite de serviço, que será utilizado para verificação da deformação da laje, e do estado limite último, utilizado para determinação das armaduras.

Para determinação dos momentos, verificou-se o tipo de borda de cada laje, apoiada ou engastada. No caso da laje 5, que não apresenta continuidade do tipo de borda, foi utilizado o critério simplificado para identificar a vinculação, como ilustrado na figura abaixo:

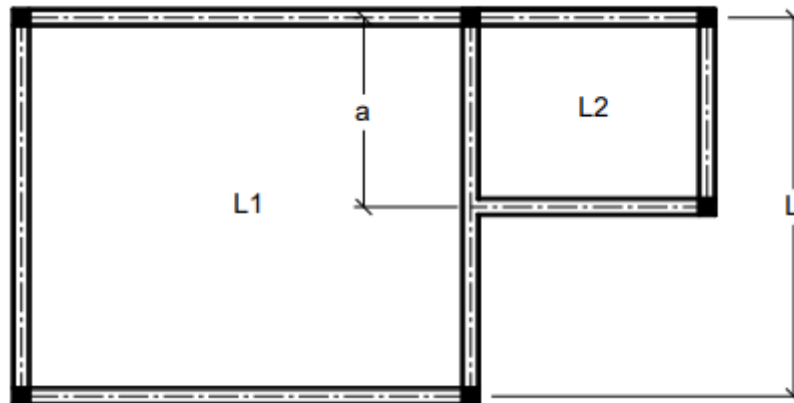


Figura 6.7 - Lajes parcialmente contínuas

Fonte: Notas de aula do professor Paulo Sérgio Bastos - UNESP.

Equação 6.15 - Definição para consideração de trecho engastado

$$a \geq \frac{2}{3}L \rightarrow L1 \text{ engastada em } L2$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Equação 6.16 - Definição para consideração de trecho simplesmente apoiado

$$a < \frac{2}{3}L \rightarrow L1 \text{ apoiada em } L2$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Por esse critério a borda esquerda da laje 5 foi considerada simplesmente apoiada, como pode ser visto na Figura 6.8, onde temos todas as condições de vinculação das bordas das lajes analisadas.



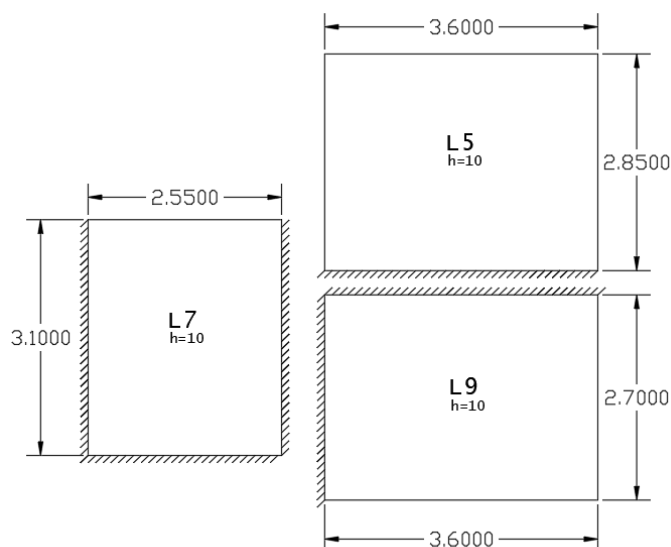
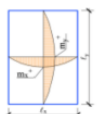


Figura 6.8 - Vinculação das lajes bordas das lajes  
Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

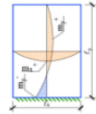
Com o auxílio da tabela de Czerny, como ilustrado na Figura 6.9 foi então definido os coeficientes para se achar o valor dos momentos positivos e negativos das lajes nas duas direções, adotando o maior.

Tabelas de Czerny para lajes com carregamento uniformemente distribuído,  $\nu=0,2$  (Beton Kalender 1976)



**Tabela de Czerny 1 ( $\nu = 0,2$ )**

$l_x/l_y$	$m_x$	$m_y$	$\alpha$
1,00	22,7	22,7	23,4
1,05	20,8	22,5	19,4
1,10	19,2	22,3	17,8
1,15	18,1	22,3	16,5
1,20	16,9	22,3	15,4
1,25	15,9	22,4	14,3
1,30	15,2	22,7	13,6
1,35	14,4	22,9	12,9
1,40	13,8	23,1	12,3
1,45	13,2	23,3	11,7
1,50	12,7	23,5	11,2
1,55	12,3	23,5	10,8
1,60	11,9	23,5	10,4
1,65	11,5	23,5	10,1
1,70	11,2	23,5	9,8
1,75	10,8	23,5	9,5
1,80	10,7	23,5	9,3
1,85	10,4	23,5	9,1
1,90	10,2	23,5	8,9
1,95	10,1	23,5	8,7
2,00	9,9	23,5	8,6
> 2,00	8,8	23,5	6,7



**Tabela de Czerny 2 ( $\nu = 0,2$ )**

$l_x/l_y$	$m_x$	$m_y$	$\alpha$
1,00	32,4	26,5	11,9
1,05	29,2	25,0	11,3
1,10	26,1	24,4	10,9
1,15	23,7	23,9	10,4
1,20	22,0	23,8	10,1
1,25	20,2	23,6	9,8
1,30	18,8	23,7	9,6
1,35	17,8	23,7	9,3
1,40	16,8	23,8	9,2
1,45	15,8	23,9	9,0
1,50	15,1	24,0	8,9
1,55	14,3	24,0	8,8
1,60	13,8	24,0	8,7
1,65	13,2	24,0	8,6
1,70	12,8	24,0	8,5
1,75	12,3	24,0	8,4
1,80	12,0	24,0	8,4
1,85	11,5	24,0	8,3
1,90	11,3	24,0	8,3
1,95	10,9	24,0	8,2
2,00	10,8	24,0	8,2
> 2,00	8,8	24,0	6,7

$l_x$  = menor vão

P= carga uniformemente distribuída em toda laje

$$m_x = p \cdot l_x^2 / \mu_x \quad m_y = p \cdot l_y^2 / \mu_y$$

$$m_x = p \cdot l_x^2 / \mu_x \quad m_y = p \cdot l_y^2 / \mu_y$$

Figura 6.9 - Tabela de Czerny  
Fonte: SHEHATA, 2021.



O passo seguinte foi calcular o momento resistente de fissuração e verificar se ele era maior que o momento máximo que obtivemos nas lajes, o que foi satisfeito.

O momento resistente foi encontrado considerando a laje em uma faixa de 1m:

Equação 6.17 - Cálculo do momento de fissuração da viga

$$m_r = \frac{\alpha f_{ct,m} I_c}{y_t}$$

Para uma seção retangular, temos que:

Equação 6.18 - Cálculo das propriedades geométricas

$$\alpha = 1,5$$

$$I_c = \frac{bh^3}{12}$$

Equação 6.19 - Cálculo da distância entre a linha neutra e o bordo mais tracionado

$$y_t = \frac{h}{2}$$

O valor do  $f_{ct,m}$  será:

Equação 6.20 - Cálculo da resistência média do concreto à tração

$$f_{ct,m} = 0,3 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

Assim, foi possível verificar a flechas imediatas e diferidas, levando em consideração que a flecha admissível para lajes é  $lx/250$ . Como o momento máximo foi menor que o resistente nos 3 casos, usou-se rigidez à flexão para se obter a flecha imediata.

Onde o módulo de elasticidade,  $E_{cs}$  é definido pela seguinte fórmula:



Equação 6.21 - Cálculo do módulo de elasticidade secante

$$E_{cs} = \left( 0,8 + 0,2 \frac{f_{ck}}{80} \right) 5600 f_{ck}^{1/2}$$

E a flecha imediata:

Equação 6.22 - Cálculo da flecha imediata

$$a_i = \frac{pl_x^4}{\alpha E_{cs} h^3}$$

Levando em consideração que o escoramento foi retirado com 14 dias, a flecha diferida é encontrada multiplicando  $a_i$  por 2,47.

Em seguida calculamos os valores dos momentos no ELU fazendo a relação  $F_d/F_{ser}$  e multiplicando o quociente da divisão pelos momentos encontrados no ELS.

Com estes valores já calculados, foi possível fazer o cálculo das armaduras positivas e negativas das lajes. Para isso alguns valores tiveram de ser adotados, como cobrimento de 2,5cm e o valor de  $d$ , teve o valor médio entre  $d_x$  e  $d_y$ , para uma barra de 5mm de diâmetro, adotado para simplificação, sendo este  $d=7$ cm.

Equação 6.23 - Cálculo da altura útil da armadura primária

$$d_x = h - cob - \frac{\phi}{2}$$

Equação 6.24 - Cálculo da altura útil da armadura secundária



$$d_y = h - cob - \phi - \frac{\phi}{2}$$

Equação 6.25 - Cálculo da altura da linha neutra

$$x = 1,25d \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{m_d}{0,425bd^2f_{cd}}} \right]$$

Onde b é 100 por considerarmos uma faixa de 1m e  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4}$ .

A armadura então é encontrada pela seguinte fórmula:

Equação 6.26 - Dimensionamento da área de aço a ser utilizada como armadura

$$A_s = \frac{m_d}{f_{yd}(d - 0,4x)}$$

Tendo em vista que se o valor calculado da armadura for menor que o valor da armadura mínima, definida pela norma como  $0,67 \times \rho_{min} \times h$ , então esta deveria ser adotada. Feita essa verificação escolhe-se então o espaçamento e o diâmetro das barras.

O comprimento L é calculado entre as faces internas das vigas mais 4cm em cada apoio.

A quantidade de barras necessárias foi calculada dividindo-se o vão livre pelo espaçamento entre as barras.

A armadura para momento negativo serve para região dos apoios internos, como ilustrado na Figura abaixo:

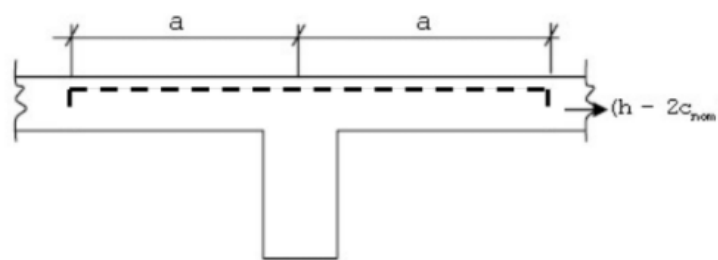


Figura 6.10 - Armadura negativa entre lajes  
Fonte: SHEHATA, 2021.

Onde:

Equação 6.27 - Dimensionamento do comprimento da armadura negativa

$$a = \frac{l_x}{4} + l_b$$

O comprimento total é dado por:

Equação 6.28 - Cálculo do comprimento total de ancoragem

$$\text{Comprimento tot.} = 2 \left( \frac{l_x}{4} + l_b \right) + 2(h - 2C_{nom})$$

Sendo o comprimento de ancoragem calculado da mesma forma que para as vigas.

Na borda das lajes simplesmente apoiadas utiliza-se a armadura de borda sem continuidade, na qual é usada a armadura mínima que deve ser  $0,67 \times A_s$ , min, e o seu comprimento dado pela expressão abaixo:

Equação 6.29 - Definição do comprimento de ancoragem

$$\text{comprimento} = 0,15l_x + (b_w - C_{nom}) + 2(h - 2C_{nom})$$



### 6.2.3.1 Resultado dos cálculos para as lajes 5, 7 e 9

Tabela 6.18 – Definição da altura

Definição da Altura					
Laje	lx(m)	ly(m)	ly/lx	Tipo	h(m)
L5	2,85	3,6	1,26	DUAS DIREÇÕES	0,1
L7	2,55	3,1	1,22	DUAS DIREÇÕES	0,1
L9	2,7	3,6	1,33	DUAS DIREÇÕES	0,1

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.19 - Carregamentos

Ações									
Laje	h(m)	g1(kN/m²)	g2(kN/m²)	Comprimento Paredes	g3(kN/m²)	g(kN/m²)	q(kN/m²)	Fser(kN/m²)	Fd(kN/m²)
L5	0,1	2,5	1,0	-	0	3,5	1,5	5,0	7
L7	0,1	2,5	1,0	-	0	3,5	1,5	5,0	7
L9	0,1	2,5	1,0	6,3	3,5	7,0	1,5	8,5	11,9

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.20 – Determinação dos momentos fletores no ELS

Determinação dos momentos Fletores no ELS (faixa de 1m de largura)													
Laje	Tipo	Fser(kN/m²)	lx	ly/lx	$\mu_x$	$\mu_y$	$_{\mu_x}$	$_{\mu_y}$	mx+	my+	mx-	my-	m <sub>max</sub>
L5	4	5,0	2,85	1,26	24,90	34,40	11,10	12,90	1,63	1,18	3,66	3,15	3,66
L7	8	5,0	2,55	1,22	29,50	47,70	13,50	17,50	1,38	0,85	3,01	2,32	3,01
L9	4	8,5	2,70	1,33	23,00	36,60	10,30	12,70	1,77	1,11	3,94	3,20	3,94

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.21 - Determinação das flechas

Flechas											
Laje	Tipo	Fser(kN/m²)	lx	ly/lx	h(m)	m <sub>max</sub>	mr	m <sub>max</sub>  /mr	Ecs	ai(cm)	alim(cm)
L5	4	12,9	2,85	1,26	0,1	3,66	6,40	0,57	24150	0,158	1,140
L7	8	17,5	2,55	1,22	0,1	3,01	6,40	0,47	24150	0,101	1,020
L9	4	12,7	2,70	1,33	0,1	3,94	6,40	0,62	24150	0,217	1,080

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.22 – Determinação dos momentos no ELU

Momentos no ELU					
Laje	Fd/Fser	mx+	my+	mx-	my-
L5	1,4	2,28	1,65	5,12	4,41
L7	1,4	1,93	1,19	4,21	3,25
L9	1,4	2,47	1,55	5,52	4,48

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.23 - Determinação das armaduras positivas

Armaduras positivas												
Laje	m+	d(cm)	x(cm)	As(cm <sup>2</sup> /m)	As,min (cm <sup>2</sup> /m)	Diâmetro (mm) e Espaçamento(cm)		as,ef (cm <sup>2</sup> /m)	L (cm)	Vão Livre (cm)	Quantidade	
L5	mx	228,34	7	0,27	0,76	1,005	5	19	1,03	293	340	18
	my	165,28	7	0,20	0,55	1,005	5	19	1,03	368	265	14
L7	mx	192,74	7	0,23	0,64	1,005	5	19	1,03	263	288	16
	my	119,20	7	0,14	0,39	1,005	5	19	1,03	318	235	13
L9	mx	247,21	7	0,30	0,83	1,005	5	19	1,03	278	340	18
	my	155,35	7	0,18	0,52	1,005	5	19	1,03	368	248	13

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.24 – Determinação das armaduras negativas

Armaduras Negativas												
Laje	m-	d(cm)	x(cm)	As(cm² /m)	As,min (cm²/m)	Diâmetro (mm) e Espaçamento(c m)		as,ef (cm²/m)	L (cm)	Vão Livre (cm)	Quantidade	
L5-L9	552,00	7	0,67	1,89	1,5	6,3	16	1,95	158,5	340	21	
L5-L7	441,00	7	0,53	1,49	1,5	6,3	20	1,56	196	155	8	
L7-L9	448,00	7	0,54	1,52	1,5	6,3	20	1,56	196	112,5	6	
Armaduras de borda sem continuidade												
L5	-	-	-	-	-	1,005	5	18	1,09	65	255	14
L7	-	-	-	-	-	1,005	5	18	1,09	60	730	41
L9	-	-	-	-	-	1,005	5	18	1,09	63	440	24

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 6.25 – Determinação das reações no ELU

Reações de Apoio no ELU								
Laje	Fd	Tipo	lx	ly/lx	R1	R2	R3	R4
L5	7	3	2,85	1,26	6,80	3,92	3,69	3,69
L7	7	8	2,55	1,22	4,86	4,86	4,46	2,23
L9	11,9	4	2,70	1,33	6,79	3,92	10,19	5,88

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 6.26 – Determinação da força cortante

Força Cortante							
Laje	Vmax	As,ef	$\rho_1$	$\tau_{Rd}$	k	VRd1	Vmax/VRd1
L5-L9	6,80	2,08	0,003	0,321	1,53	45,28751596	15%
L5-L7	4,86	1,56	0,002	0,321	1,53	44,26717332	11%
L7-L9	10,19	1,56	0,002	0,321	1,53	44,26717332	23%

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

#### 6.2.4 Detalhamento dos Pilares

Como considerações iniciais para o dimensionamento de pilares devemos começar pelos esforços aos quais os pilares estão sujeitos, que são eles os esforços provenientes das vigas as quais estão ligadas a ele. Ainda a depender da forma como se dá essa ligação teremos o “grau de engaste” e a depender do posicionamento do eixo da viga em relação ao centro do pilar poderemos ter excentricidade entre estes. Lembrando que mesmo quando não houver ou ainda que pequena devemos considerar o valor referente a excentricidade mínima.

Em nosso projeto nos baseamos nas informações fornecidas nas aulas de Estruturas de Concreto Armado I lecionadas na ocasião pelo Professor Daniel Taissum.

Para a realização do dimensionamento da armadura dos pilares utilizamos o software Oblíqua que é de uso “Freeware” (uso gratuito) ele nos foi indicado pelo Professor. Abaixo seguem as imagens e as informações de entrada e após uma interação feita de forma manual do software nós obtemos o resultado abaixo na figura 6.11.



Cálculo do Nd tot.:

Nd tot = 105,53 kN

Mdx= 4,60 kN x m

Mdy= 5,90 kN x m

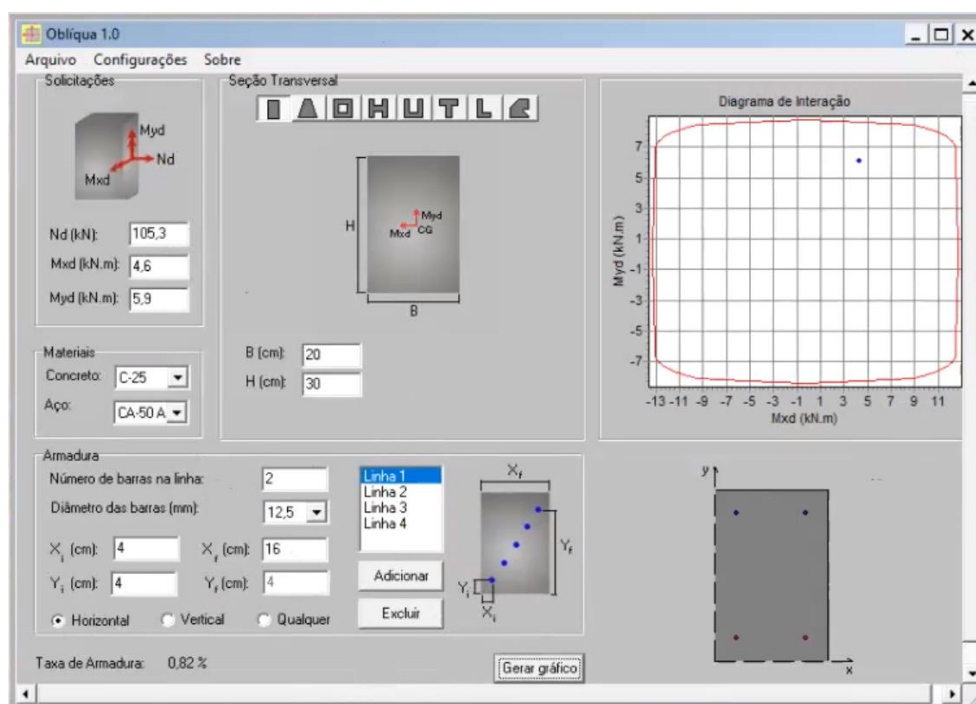


Figura 6.11 - Dimensionamento da armadura longitudinal do pilar com o uso do software Oblíqua versão 1.0.

Fonte: Próprios autores, 2021.

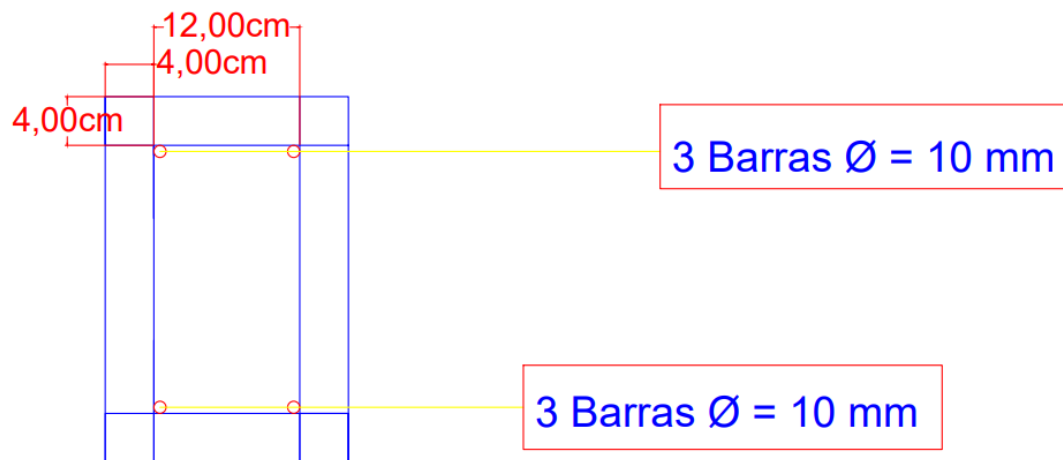


Figura 6.12 - Desenho do detalhamento de armadura longitudinal no pilar utilizando o civil 3D.

Fonte: Próprios autores, 2021.



## **7 CÁLCULO COMPUTACIONAL COM AUXÍLIO DO TQS**

### **7.1 TQS**

O ambiente utilizado para a concepção do projeto estrutural foi o TQS, um programa brasileiro, possibilitando a compatibilização dos modelos inseridos na dinâmica BIM. O mesmo tem como objetivo a elaboração de projetos de edificações em concreto armado, sendo capaz inclusive de fazer o dimensionamento e detalhamento de armaduras com o auxílio do software. Como resultado final tem-se a planta de formas e posicionamento das armaduras.

#### **7.1.1 Considerações quanto a utilização do software**

A versão utilizada para fazer os dimensionamentos foi a de estudante, e a mesma conta com algumas limitações, como número de pavimentos, vigas, lajes e pilares que podem ser processados. Por isso, apesar do edifício ter sido todo modelado no programa, considerando até a ação do vento, optamos por rodar apenas 2 apartamentos do pavimento tipo, pois estes já teriam os elementos estruturais que serviriam de comparação com os calculados manualmente.

#### **7.1.2 Modelagem no TQS**

A modelagem estrutural foi feita a partir da planta arquitetônica gerada pelo REVIT, sendo estas tendo que ser convertidas para poderem ser aceitas pelo programa. O primeiro passo dentro do programa é definir os dados do edifício, e nesta etapa foi feita a escolha do modelo estrutural do edifício, como pode ser visto na figura abaixo.

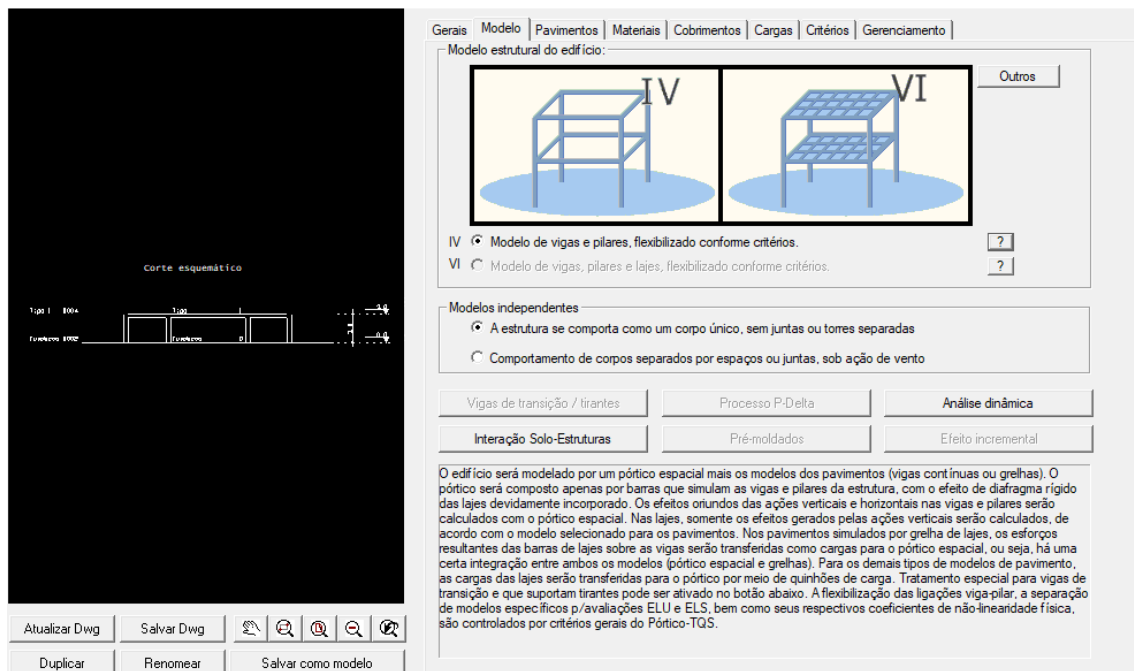


Figura 7.1 - Dados da edificação

Fonte: SOFTWARE TQS.

Nesta etapa também escolhemos os fck's e os cobrimentos que serão adotados como ilustrado nas figuras 7.2 e 7.3.

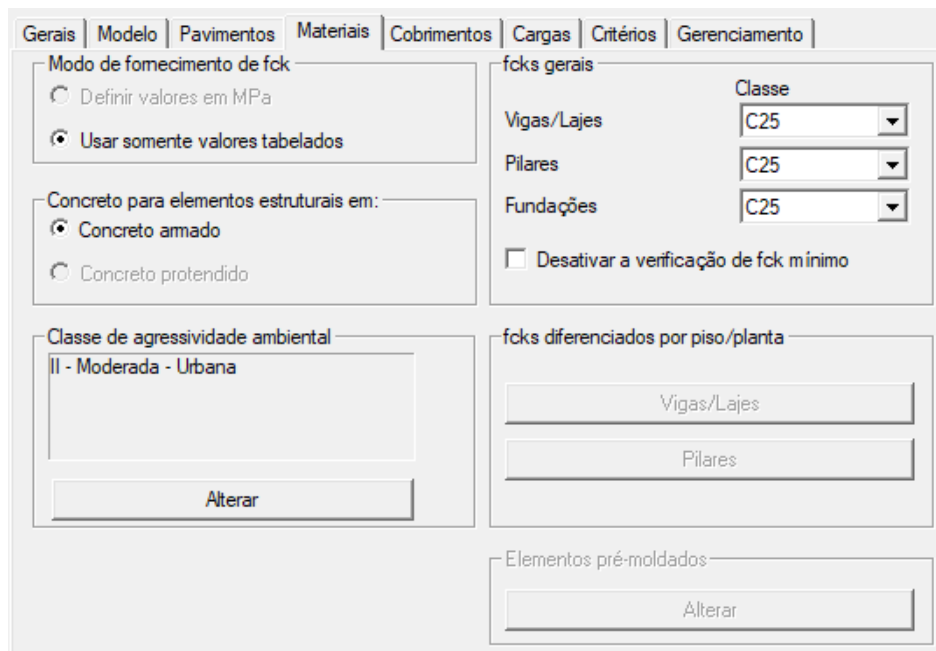


Figura 7.2 - Dados e informações da edificação

Fonte: SOFTWARE TQS.



Gerais	Modelo	Pavimentos	Materiais	Cobrimentos	Cargas	Crítérios	Gerenciamento																														
<b>Cobrimentos (cm)</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Inferior</th> <th>Superior</th> <th colspan="2">Diferença secundária</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lajes em geral</td> <td>0</td> <td>2.5</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Lajes protendidas</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Vigas</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pilares</td> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fundações</td> <td>3</td> <td></td> <td>1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>									Inferior	Superior	Diferença secundária		Lajes em geral	0	2.5	1	1	Lajes protendidas	3	3	1		Vigas	3				Pilares	3				Fundações	3		1	
	Inferior	Superior	Diferença secundária																																		
Lajes em geral	0	2.5	1	1																																	
Lajes protendidas	3	3	1																																		
Vigas	3																																				
Pilares	3																																				
Fundações	3		1																																		
<b>Cobrimto de elementos em contato com o solo (cm)</b> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Vigas e lajes</td> <td>3</td> <td>Pilares</td> <td>4.5</td> </tr> </tbody> </table>								Vigas e lajes	3	Pilares	4.5																										
Vigas e lajes	3	Pilares	4.5																																		
<b>Verificação de cobrimentos mínimos</b> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Maior altura de bainha</td> <td>60</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Maior bitola de viga/pilar</td> <td>25</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>Maior bitola de lajes</td> <td>12.5</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> <input type="checkbox"/> Desativar a verificação dos cobrimentos mínimos								Maior altura de bainha	60	mm	Maior bitola de viga/pilar	25	mm	Maior bitola de lajes	12.5	mm																					
Maior altura de bainha	60	mm																																			
Maior bitola de viga/pilar	25	mm																																			
Maior bitola de lajes	12.5	mm																																			
<b>Valores de norma</b> Valores diferenciados por planta <b>Pré-moldados</b> <b>Fatores atenuantes</b> <input type="checkbox"/> Rígido controle de qualidade e de tolerância de medidas na obra <b>Classe de agressividade ambiental</b> II - Moderada - Urbana Alterar																																					

Figura 7.3 - Dados e informações da edificação

Fonte: SOFTWARE TQS.

#### 7.1.2.1 Estrutural

O passo seguinte foi a modelagem estrutural, pois uma vez que a planta já esteja referenciada, é possível começar a fazer o lançamento das vigas, com as proporções do pré-dimensionamento. Com a conclusão do desenho de forma precisa, acabam por definir uma laje. Em seguida os pilares foram posicionados com as dimensões definidas no pré-dimensionamento.

Com os elementos estruturais já lançados, definimos a altura da laje como 10cm, e lançamos a carga na laje com os mesmos valores já apresentados anteriormente e distribuímos também a carga de alvenaria por metro linear, como ilustrado na figura abaixo com as cargas já lançadas.

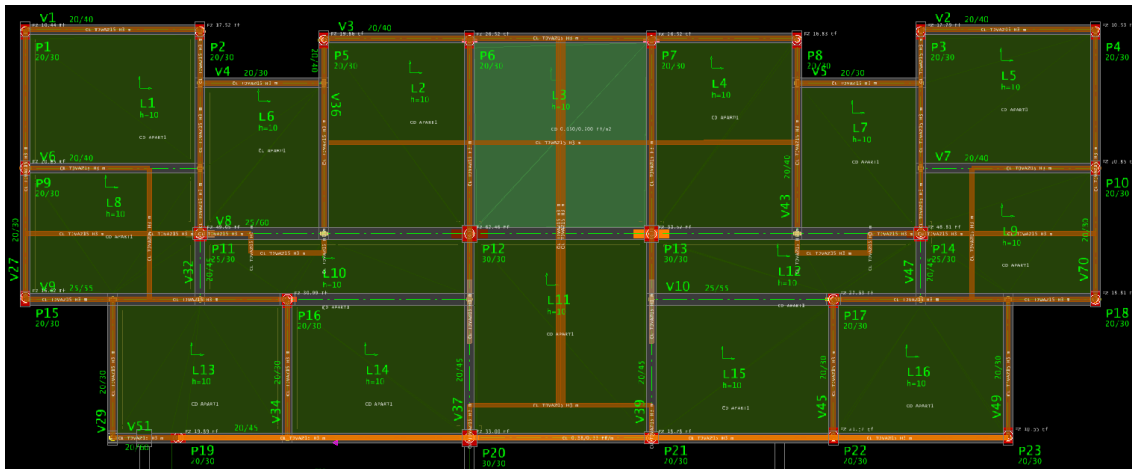


Figura 7.4 - Modelagem estrutural  
Fonte: SOFTWARE TQS.

### 7.1.3 Processamento Global

Já tendo definido todos os materiais e carregamentos, o passo seguinte foi realizar o processamento global, como ilustra a figura 7.5.

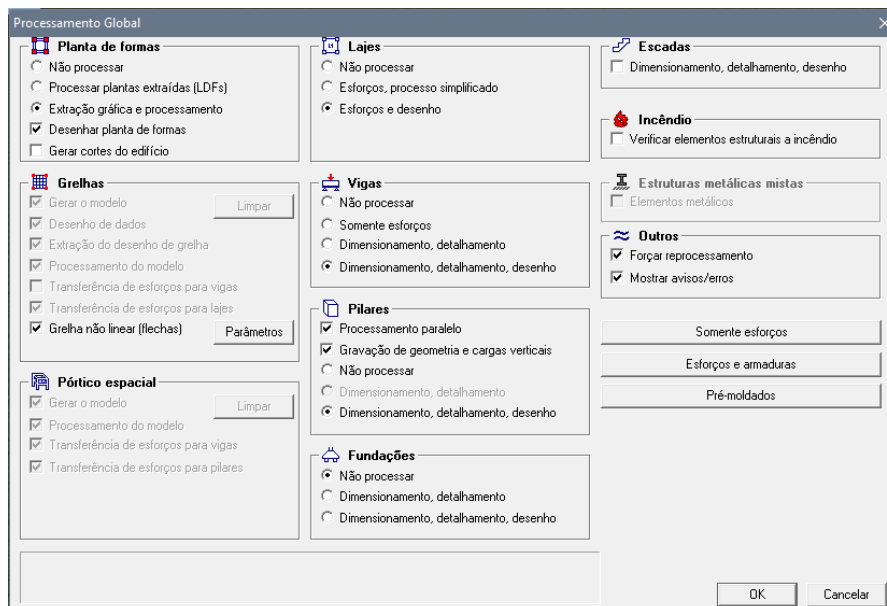


Figura 7.5 - Configurações do processamento global  
Fonte: SOFTWARE TQS.



#### 7.1.4 Comparativo dos resultados de cálculo manual e computacional

Fazendo a comparação dos resultados do cálculo manual, apresentados no item 6.2.2, como a quantidade de área de aço necessária nas vigas, lajes e pilares, com os resultados encontrados no ANEXO C, exportados do TQS, é possível analisar que o método de cálculo utilizado pelo *software* para verificação das lajes, por grelhas, nos forneceu valores maiores que os obtidos manualmente, isso pelo fato de fornecerem maior precisão na determinação dos esforços.

Pelo fato de o TQS apresentar uma relação mais condizente com a realidade entre a ligação pilar e viga, considerando a ligação semirrígida, o detalhamento obtido pelo programa, apesar de ter valores muito parecidos com os do cálculo manual, estão mais elevados, justamente por essa condição feita pelo programa, como ilustrado nas tabelas de comparação abaixo. Sendo assim apesar de estar mais a favor da segurança, os resultados do software podem resultar em custos maiores para obra.

Tabela 7.1 – Comparativo da área de aço efetiva para viga 2

Comparativo As, ef na V2					
As,ef para Flexão Positiva (cm <sup>2</sup> /m)		As,ef para Flexão Negativa (cm <sup>2</sup> /m)		As,ef para Cisalhamento (cm <sup>2</sup> /m)	
Manual	TQS	Manual	TQS	Manual	TQS
2,36	2,36	1,57	1,57	2,67	2,22

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 7.2 – Comparativo da área de aço efetiva para viga 51

Comparativo As, ef na V51					
As,ef para Flexão Positiva (cm <sup>2</sup> /m)		As,ef para Flexão Negativa (cm <sup>2</sup> /m)		As,ef para Cisalhamento (cm <sup>2</sup> /m)	
Manual	TQS	Manual	TQS	Manual	TQS
1,57	1,57	1,57	1,57	2,67	2,67

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.



Tabela 7.3 – Comparativo da área de aço efetiva positiva das lajes

Comparativo As Lajes - Manual x TQS		
POSITIVA VERTICAL		
Lajes	As,ef (cm <sup>2</sup> /m)	
	Manual	TQS
L5	1,03	2,08
L7	1,03	3,12
L9	1,03	2,08

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

## 8 INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS

Nesta parte iremos tratar das instalações elétricas de forma integrada no projeto e faremos o uso do software AutoCAD dentro do contexto de um ambiente 3D de desenho. Iremos abordar os aspectos dentro do conceito BIM de compatibilidade dos projetos portanto não iremos abordar de forma aprofundada aspectos de dimensionamento.

O projeto hidrossanitário de uma edificação tem por objetivo manter o conforto, segurança, além de muitos outros aspectos, que são de suma importância para a vivência dentro da construção.

Para isso o projeto de dimensionamento dos elementos hidráulicos visa maior eficiência na hora da utilização destes equipamentos, proporcionando mais conforto ao usuário.

### 8.1 Instalações Hidráulicas

O sistema de abastecimento escolhido para o edifício é o indireto com bombeamento, onde o reservatório superior é abastecido pela cisterna, por meio da utilização de bombas como ilustrado na figura abaixo.



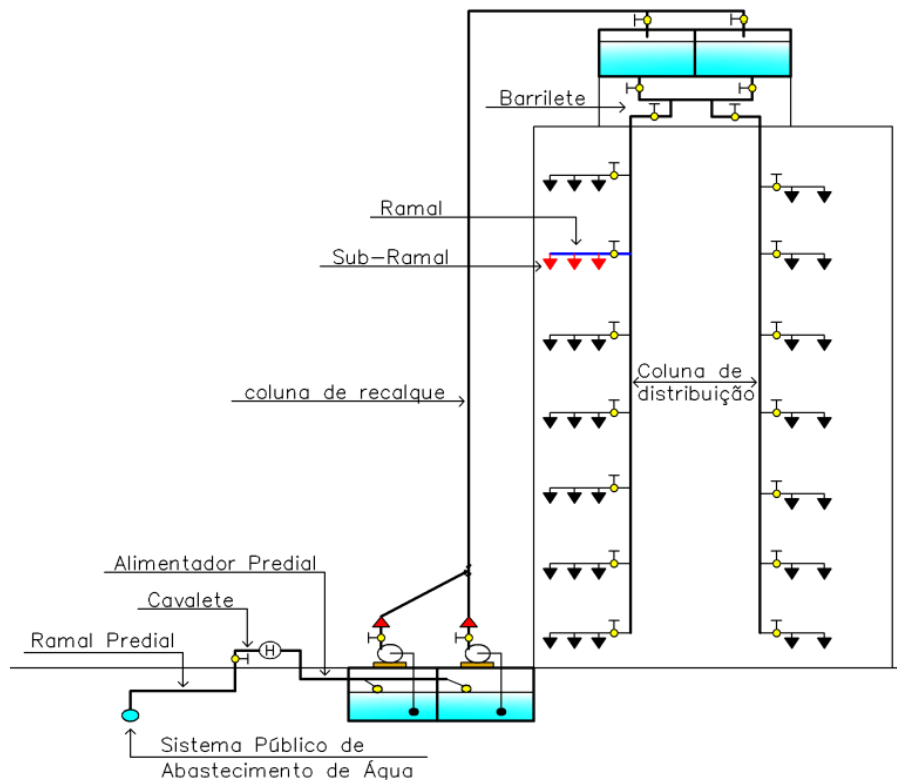


Figura 8.1 – Esquema vertical simplificado

Fonte: Notas de aula do professor Moacir de Oliveira - UNIVALI.

Os componentes presentes na imagem acima e que fazem parte deste sistema são:

- Ramal Predial
- Alimentador Predial
- Reservatório
- Barrilete
- Colunas de Distribuição
- Ramais e Sub-Ramais

A medição do consumo de água é feita por meio do hidrômetro, que é concedido e instalado pela empresa fornecedora de água da região.

Para o edifício aqui analisado a medição será individual, sendo então disponibilizado um hidrômetro para cada apartamento.



## 8.2 Dimensionamento

A medição do consumo de água é feita por meio do hidrômetro, que é concedido e instalado. As planilhas referentes ao dimensionamento dos reservatórios se encontram como Anexo H nela estão contidos todos os cálculos utilizados no dimensionamento.

O dimensionamento tem seu início no cálculo do consumo diário, que é o produto do consumo diário em litros/dia/pessoa, pelo número de ocupantes, estes dois estimados em norma, sendo para o caso aqui estudado, edifício multifamiliar, duas pessoas por dormitório.

Equação 8.1 – Cálculo do consumo diário de água

$$C_d = n * C_p$$

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Sendo:

$C_d \rightarrow$  Consumo diário

$n \rightarrow$  Número de ocupantes

$C_p \rightarrow$  Consumo per capita

O consumo número de ocupantes de uma edificação é definido através da seguinte tabela:



Tabela 8.1 - Taxa de ocupação de acordo com a natureza do local

Local	Taxa de ocupação
Residências e apartamentos	Duas pessoas por dormitório
Bancos	1 habitante/ 5,0 m <sup>2</sup> de área
Escritórios	1 habitante/ 6,0 m <sup>2</sup> de área
Lojas - Pavimentos térreos	1 habitante/ 2,5 m <sup>2</sup> de área
Lojas - Pavimento superior	1 habitante/ 5,0 m <sup>2</sup> de área
Shopping center	1 habitante/ 5,0 m <sup>2</sup> de área
Museus e bibliotecas	1 habitante/ 5,5 m <sup>2</sup> de área
Salões de hotéis	1 habitante/ 5,5 m <sup>2</sup> de área
Restaurantes	1 habitante/ 1,4 m <sup>2</sup> de área
Teatros, cinemas e auditórios	1 cadeira/ 0,7 m <sup>2</sup> de área

Fonte: SALGADO, 2021.

O consumo per capita médio é dado pela tabela a seguir, dependendo do tipo de edificação, no caso aqui apresentado, apartamentos de um edifício multifamiliar.

Tabela 8.2 - Consumo médio em função do tipo de construção

Tipo de construção	Consumo médio (litros/dia)	Tipo de construção	Consumo médio (litros/dia)
Alojamentos provisórios	80 por pessoa	Garagens	50 por automóvel
Casas populares ou rurais	120 por pessoa	Lavanderias	30 por kg de roupa seca
Residências	150 por pessoa	Mercados	5 por m <sup>2</sup> de área
<b>Apartamentos</b>	<b>200 por pessoa</b>	Matadouros - animais de grande porte	300 por cabeça abatida
Hotéis (s/cozinha e s/ lavanderia)	120 por hóspede	Matadouros - animais de pequeno porte	150 por cabeça abatida
Escolas - internatos	150 por pessoa	Postos de serviço p/ automóveis	150 por veículo
Escolas - semi internatos	100 por pessoa	Cavaliarias	100 por cavalo
Escolas - externatos	50 por pessoa	Jardins	1,5 por m <sup>2</sup>
Quartéis	150 por pessoa	Orfanato, asilo, berçário	150 por pessoa
Edifícios públicos ou comerciais	50 por pessoa	Ambulatório	25 por pessoa
Escritórios	50 por pessoa	Creche	50 por pessoa
Cinemas e teatros	2 por lugar	Oficina de costura	50 por pessoa
Templos	2 por lugar		
Restaurantes e similares	25 por refeição		

Fonte: SALGADO, 2021.



### 8.2.1 Reservatório Inferior e Superior

Os reservatórios superior e inferior devem ser calculados conforme o seguinte critério, ter 15% do consumo diário destinado a reserva técnica de incêndio e o reservatório ser dimensionado para ter uma reserva de 1 a 3 dias.

O volume para consumo no reservatório superior ( $V_{C,sup}$ ) é 40% do consumo diário e o volume total ( $V_{T,sup}$ ) neste mesmo reservatório será este volume acrescido da reserva técnica de incêndio  $RTI$ .

O volume total no reservatório inferior ( $V_{T,inf}$ ) será dada pela seguinte equação:

Equação 8.2 – Dimensionamento da capacidade do reservatório inferior

$$V_{T,inf} = C_d(ND - 0,4)$$

### 8.2.2 Ramal e Alimentador Predial

É também definido pela norma a vazão no ramal e no alimentador predial, visto que a velocidade da água na tubulação hidráulica não deve ultrapassar 3m/s.

Para isso faz-se a verificação seguindo as seguintes fórmulas.

Equação 8.3 - Cálculo da vazão na tubulação

$$Q = \frac{V_R}{t_e}$$



Onde:

$Q \rightarrow$  Vazão de projeto na tubulação

$V_R \rightarrow$  Volume útil do reservatório inferior

$t_e \rightarrow$  Tempo de enchimento do reservatório, no caso de um edifício multifamiliar

menor que 6 horas

Sendo:

Equação 8.4 – Dimensionamento do volume útil do reservatório inferior

$$\frac{V_R}{t_e} = \frac{3}{4} \pi d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4V_R}{3\pi t_e}}$$

### 8.2.3 Tubulação de Recalque e Sucção

O dimensionamento é baseado na fórmula de Forchheimer. Adota-se um funcionamento da bomba por aproximadamente 3 horas para que ocorra todo recalque do consumo diário.

Equação 8.5 - Cálculo de projeto da vazão da estação elevatória

$$Q = \frac{C_d}{3600 * NH}$$

$$d = 1,3 \sqrt[4]{Q * \frac{NH}{24}}$$



Sendo:

$Q \rightarrow$  Vazão de projeto da instalação elevatória;

$d \rightarrow$  Diâmetro econômica da tubulação de recalque;

$NH \rightarrow$  Número de horas de funcionamento diário do conjunto de recalque.

#### 8.2.4 Dimensionamento dos Ramais

O dimensionamento dos ramais deve ser feito trecho a trecho, utilizando-se o método dos pesos relativos, no qual utiliza-se da probabilidade para estimar o peso relativo que cada peça tem, como ilustrado nas tabelas abaixo:

Tabela 8.3 - Pesos relativos nos pontos de utilização identificados em função do aparelho sanitário e da peça de utilização

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico	com sifão integrado	Válvula de descarga	0,50	2,8
	sem sifão integrado	Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

Fonte: NBR 5626, de 1983.

#### 8.2.5 Modelo isométrico

O resultado da abordagem principal do nosso trabalho segue abaixo nas figuras 8.2 e 8.3 que são imagens da modelagem 3D das instalações hidráulicas a título de

exemplificação de modelagem que mais adiante nesse trabalho irá se sobrepor com os demais projetos para que a compatibilização entre eles seja feita.

O projeto das instalações hidráulicas foi feito para uma unidade da edificação para fins de exemplificação da teoria abordada no projeto que é o uso do conceito BIM.

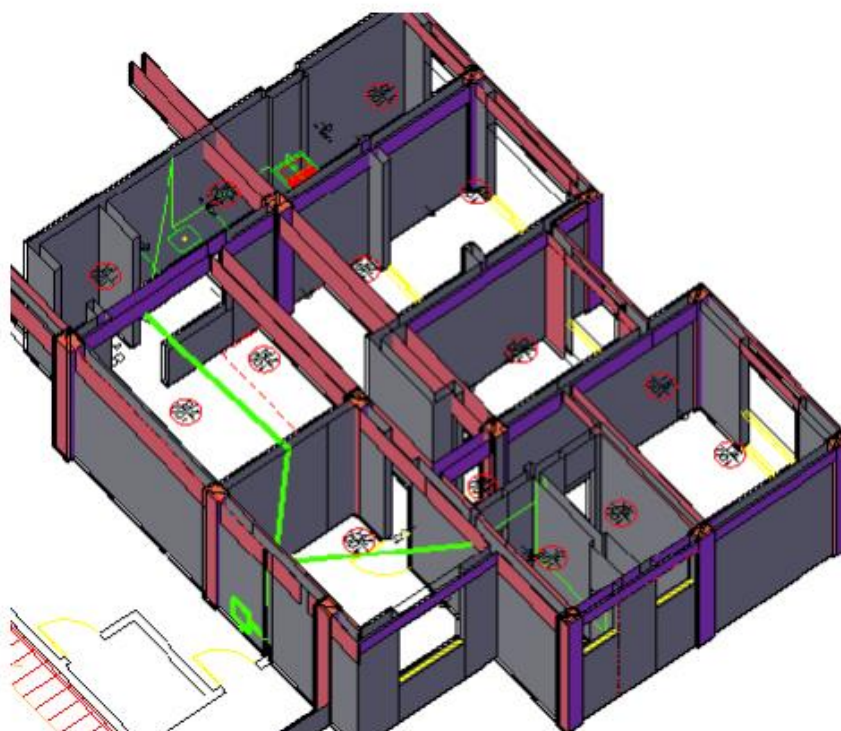


Figura 8.2 – Flagrante da modelagem 3D das instalações hidráulicas.

Fonte: Fonte: Próprios autores, 2021.

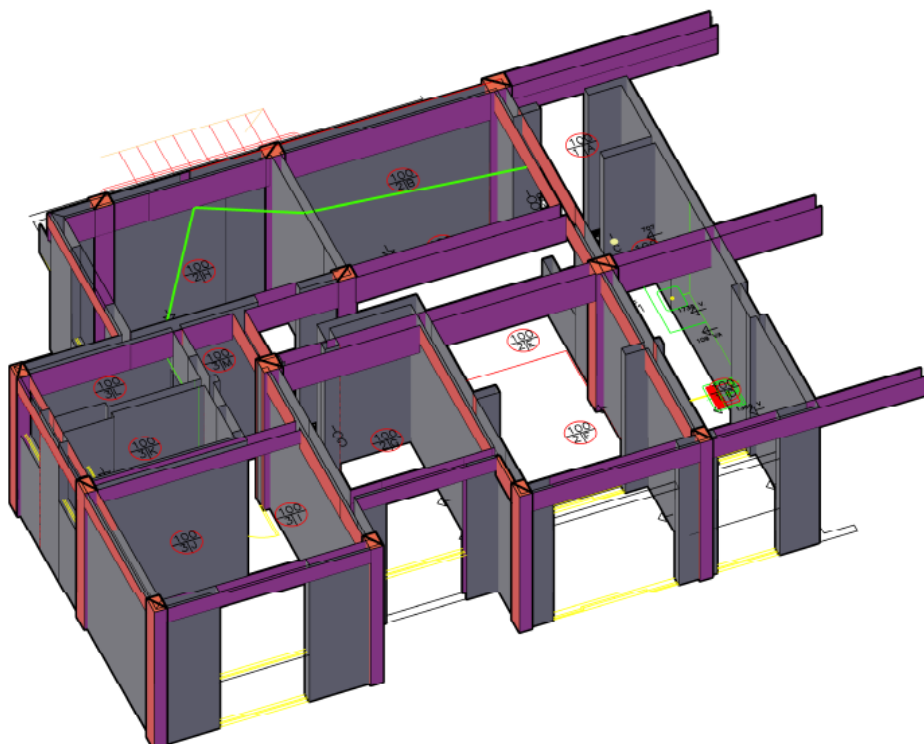


Figura 8.3 – Flagrante da modelagem 3D das instalações hidráulicas.  
Fonte: Próprios autores, 2021.





## **9 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS**

### **9.1 Prefácio e Considerações Iniciais**

Nesta parte iremos tratar das instalações elétricas de forma integrada no projeto e faremos o uso do software AutoCAD dentro do contexto de um ambiente 3D de desenho. Iremos abordar os aspectos dentro do conceito BIM de compatibilidade dos projetos portanto não iremos abordar de forma aprofundada aspectos de dimensionamento.

As informações quanto as modalidades e condições de fornecimento de energia elétrica foi considerada dentro dos padrões da distribuidora Light que contempla as tensões elétricas nos valores de 127 e 220 volts e o transformador foi adotado de forma hipotética no valor de 75 kVA. Quanto a queda de tensão admissível para um sistema trifásico temos uma queda máxima prevista por norma na ABNT de 5%.

### **9.2 Disposição da iluminação**

A distribuição da iluminação consiste na disponibilidade de potência para a iluminação de forma proporcional à área a ser iluminada. A previsão de potência segue a NBR 5410: 2004 como descreve o slide abaixo retirado das aulas da Professora Fernanda Salgado.

A planta com a divisão teórica dos cômodos a serem iluminados e colocados as tomadas e interruptores, segue abaixo na figura 9.1:

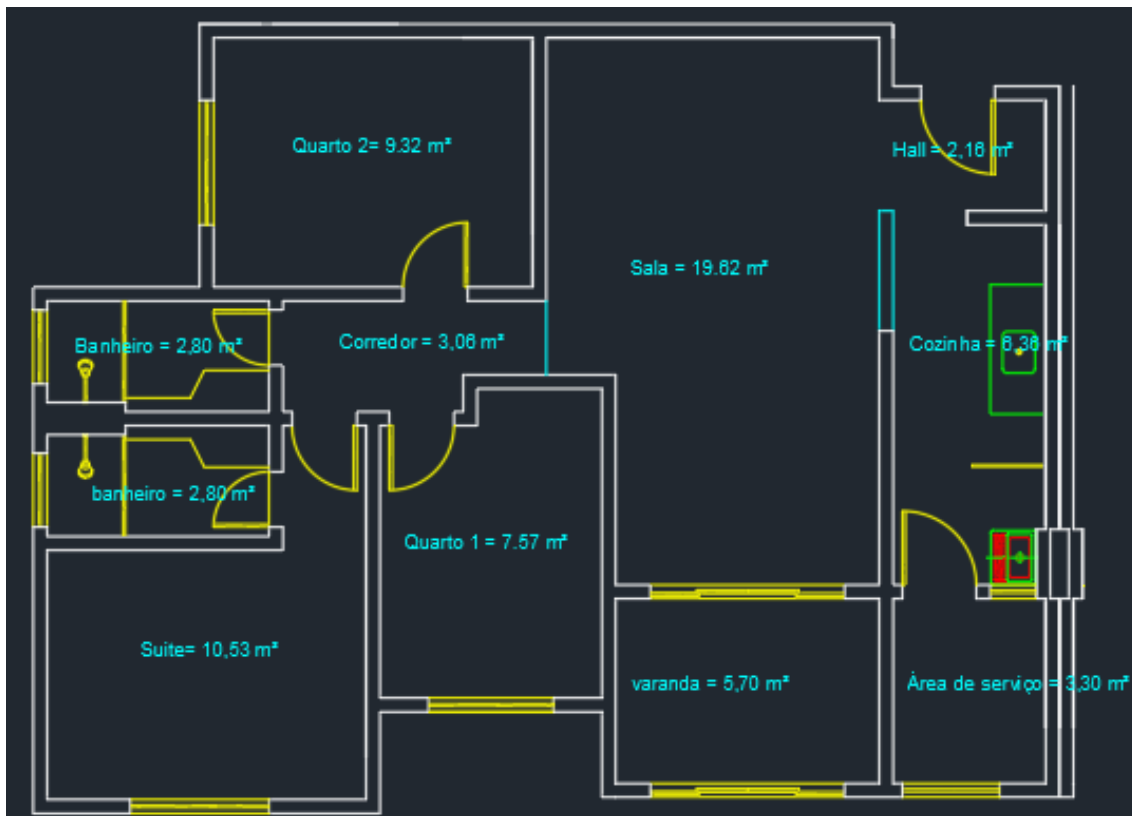
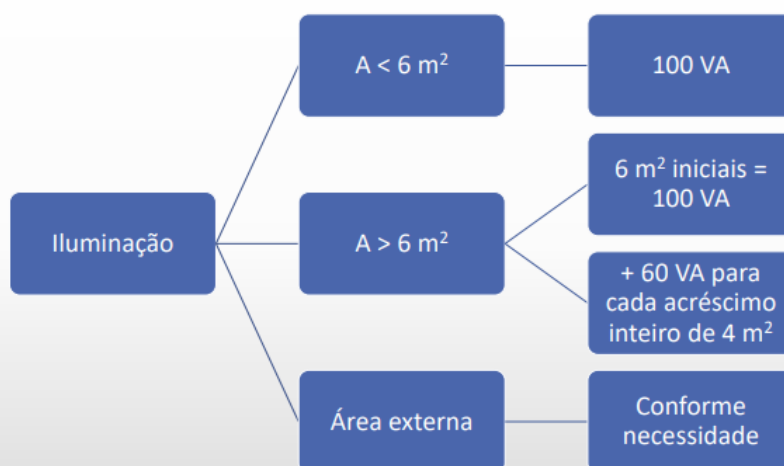


Figura 9.1 - Planta baixa do apartamento a serem feitas as instalações elétricas.

Fonte: Os próprios autores- 2021.

## DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PASSO 2 – PREVISÃO DE CARGAS DE ILUMINAÇÃO



- Em ambientes com dimensão > 6m, deve ser previsto mais de um ponto de luz, para que a distância entre a parede e a luminária não seja superior a 3m, evitando cantos escuros.

ENG 1225 – Instalações Prediais

Figura 9.2 - Dimensionamento das potências segundo à área a ser iluminada.

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.



Tabela 9.1 - Cálculo da potência a ser considerada em cada cômodo

	ÁREA (m²)	Composição e arredondamento das áreas [ m² ]	POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO CALCULADA (VA)	POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO ADOTADA (VA)
Hall	2,16	6	100	1 x100
Cozinha	6,36	6	100	1 x 100
Área de Serviço	3,3	6	100	1 x 100
Varanda	5,7	6	100	1 x 100
Sala	19,62	6+4+4+4	280	3 x 100
Quarto 1	7,57	6	100	1 x 100
Quarto 2	9,32	6	100	1 x 100
Suíte	10,53	6+4	160	2 x 100
banheiro(suíte)	2,8	6	100	1 x 100
banheiro	2,8	6	100	1 x 100
Corredor	3,06	6	100	1 x 100

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

### 9.3 Disposição das tomadas e seus dimensionamentos

#### 9.3.1 Tomadas de uso geral (TUG)

Utilizando o perímetro e a área dos cômodos foi dimensionada a quantidade de tomadas por cômodo e determinada pelo uso das tabelas a potência a ser disponibilizada nos pontos de tomadas. As tabelas utilizadas nos cálculo seguem abaixo juntamente com as planilhas empregadas.

### TOMADAS DE USO GERAL (TUG) – Quantidade:

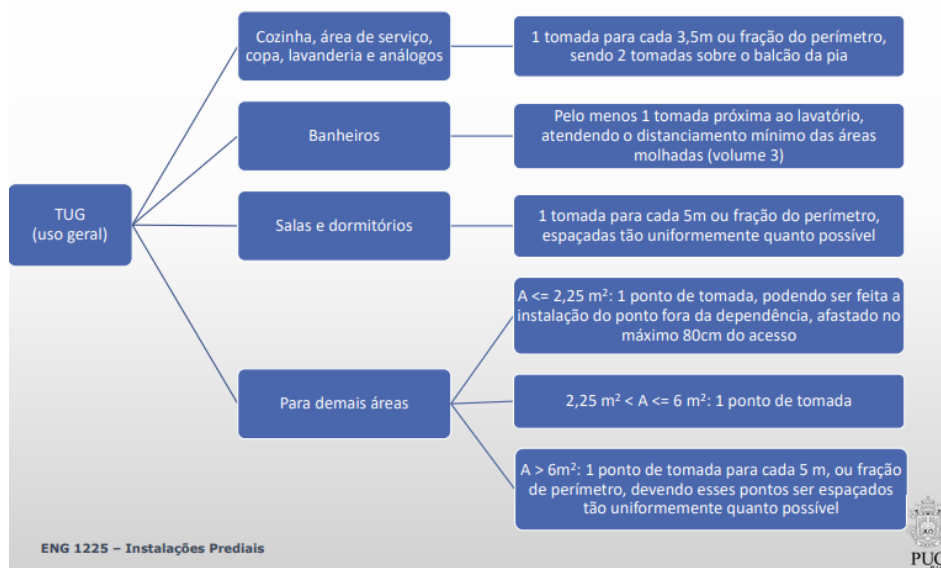


Figura 9.3 - Dimensionamento da quantidade de tomadas por cômodo segundo o perímetro

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.

## DIMENSIONAMENTO DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

### PASSO 4 – PREVISÃO DOS PONTOS DE TOMADA (cont.)

#### TOMADAS DE USO GERAL (TUG) – Potência:

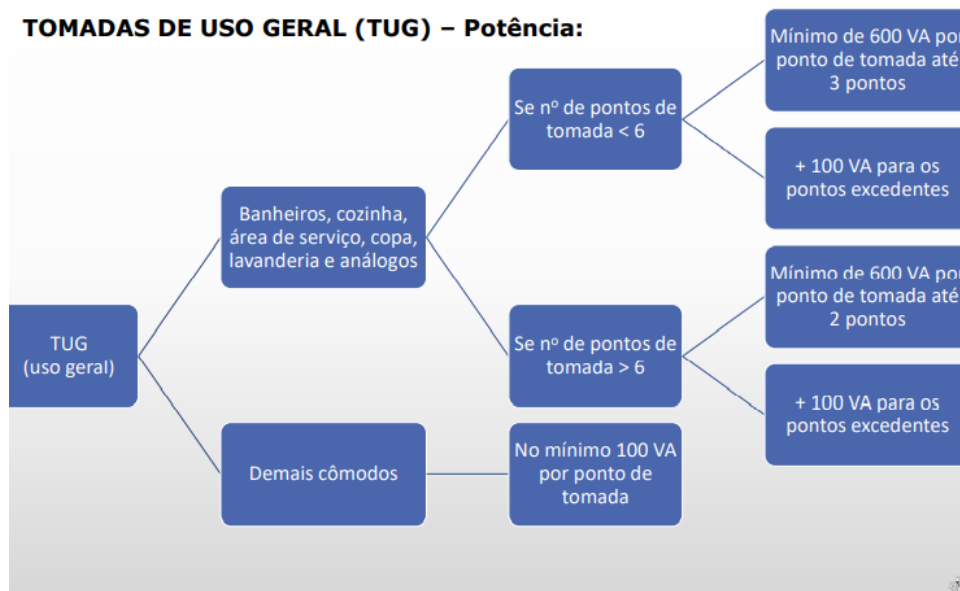


Figura 9.4 - Dimensionamento da potência das tomadas (TUG).

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.



Tabela 9.2 - Dimensionamento das tomadas de uso geral.

Tabela 9.12 - Dimensionamento das tomadas de uso geral					
LOCAL	Perímetro (m)	TUG (tomada de uso geral)		Quantidade final e potência (VA)	Área [ m² ]
		Quantidade			
		CALCULADA	ADOTADA		
Hall	6,0	1,0	1	100	2,16
Cozinha	11,2	3,21	4	1900	6,36
Área de Serviço	7,3	2,09	3	1800	3,3
Varanda	9,7	1,94	2	200	5,7
Sala	18,3	3,7	4	300	19,62
Quarto 1	11,5	2,3	2	200	7,57
Quarto 2	12,3	2,5	3	300	9,32
Suíte	12,5	2,5	3	300	10,53
banheiro(suíte)	7,1	1	1	600	2,8
banheiro	7,1	1	1	600	2,8
Corredor	8,1	1,62	1	100	3,06

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

### 9.3.2 Tomadas de uso específico (TUE)

Para os equipamentos que são de uso em local fixo como chuveiros elétricos, geladeiras, fogão, aparelhos condicionadores de ar entre outros, são utilizadas as orientações de tomadas para uso específico. O seu dimensionamento se deu através da planilha que segue abaixo e seus cálculos foram baseados nas tabelas abaixo que determinam o  $\cos \Phi$  como sendo o fator de potência e este tem valor mínimo de 0,92 que estabelecido por norma para aparelhos eletrônicos e pode chegar até 1.



Os valores adotados para potência ativa foram retirados das notas de aula de Instalações Prediais ministrada pela Professora Fernanda Salgado.

Tabela 9.3 - Cálculo da potência aparente para as tomadas de uso específico

Local	Aparelho	Potência Ativa (W)	Potência Aparente (VA)
Sala	Ar condicionado (split)	1920	2087
cozinha	geladeira	650	707
cozinha	fogão	100	109
Área de Serviço	máquina de lavar	1200	1304
Banheiro (suíte)	Chuveiro elétrico	4400	4400
Banheiro	Chuveiro elétrico	4400	4400
Cozinha	Micro-ondas	1600	1739
Obs: Foi considerado um fator de potência de 1.0 para o chuveiro elétrico e 0.92 para os demais aparelhos			

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

#### 9.4 Divisão dos circuitos

Esta etapa consiste na separação dos circuitos que vão alimentar os componentes elétricos da residência e tal divisão está sujeita a regras e procedimentos de segurança previstos na norma de Instalações de baixa tensão.

Tabela 9.4 - Divisão dos circuitos elétricos

	Circuito	Local	Potência [ VA ]	Tensão (V)	I [ A ]
Iluminação	1	Hall	100	127	0,79
	1	Cozinha	100	127	0,79
	1	Área de Serviço	100	127	0,79
	2	Varanda	100	127	0,79



	2	Sala	300	127	2,36
	2	Quarto 1	100	127	0,79
	2	Quarto 2	100	127	0,79
	3	Suíte	200	127	1,57
	3	banheiro(suíte)	100	127	0,79
	3	banheiro	100	127	0,79
	3	Corredor	100	127	0,79
Tomadas TUG	4	Hall	100	127	0,79
	4	Cozinha	1900	127	14,96
	5	Área de Serviço	1800	127	14,17
	6	Varanda	200	127	1,57
	6	Sala	300	127	2,36
	6	Quarto 1	200	127	1,57
	6	Quarto 2	300	127	2,36
	7	Suíte	300	127	2,36
	7	banheiro(suíte)	600	127	4,72
	7	banheiro	600	127	4,72
	7	Corredor	100	127	0,79
Tomadas TUE	8	Sala (Condicionador de ar)	1920	220	8,73
	9	cozinha (fogão)	109	127	0,86
	9	cozinha (geladeira)	707	127	5,57
	10	Área de Serviço (máquina de lavar)	1304	220	5,93
	11	Banheiro (suíte) (chuveiro elétrico)	4400	220	20,00



	12	Banheiro (chuveiro elétrico)	4400	220	20,00
	13	Cozinha (micro- ondas)	1739	127	13,69

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 9.5 - Intensidade total de corrente em cada circuito

	I Total [A]
Circuito 1	2,36
Circuito 2	4,72
Circuito 3	3,94
Circuito 4	15,75
Circuito 5	14,17
Circuito 6	7,87
Circuito 7	12,60
Circuito 8	8,73
Circuito 9	6,43
Circuito 10	5,93
Circuito 11	20,00
Circuito 12	20,00
Circuito 13	13,69

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

Tabela 9.6 -Equilíbrio de fases

						EQUILÍBRIO DE FASES		
						1	2	3
				I [ A ]	I Total[ A]			
Iluminação	1	Hall	0,79	2,36				
	1	Cozinha	0,79					2,36
	1	Área de Serviço	0,79					





	2	Varanda	0,79	4,72	4,72		
	2	Sala	2,36				
	2	Quarto 1	0,79				
	2	Quarto 2	0,79				
	3	Suíte	1,57	3,94		3,94	
	3	banheiro(suíte)	0,79				
	3	banheiro	0,79				
	3	Corredor	0,79				
Tomadas TUG	4	Hall	0,79	15,75			15,75
	4	Cozinha	14,96				
	5	Área de Serviço	14,17	14,17		14,17	
	6	Varanda	1,57	7,87		7,87	
	6	Sala	2,36				
	6	Quarto 1	1,57				
	6	Quarto 2	2,36				
	7	Suíte	2,36	12,6	12,6		
	7	banheiro(suíte)	4,72				
	7	banheiro	4,72				
	7	Corredor	0,79				
Tomadas TUE	8	Sala (Condicionador de ar)	8,73	8,73	8,73		
	9	cozinha (fogão)	0,86	6,43		6,43	
	9	cozinha (geladeira)	5,57				
	10	Área de Serviço (máquina de lavar)	5,93	5,93			5,93
	11	Banheiro (suíte) (chuveiro elétrico)	20,00	20			20



	12	Banheiro (chuveiro elétrico)	20,00	20	20		
	13	Cozinha (micro-ondas)	13,69	13,69		13,69	
				Soma	46,05	46,1	44,04

Fonte: Elaborado pelos próprios autores, 2021.

## 9.5 Dimensionamento das seções dos condutores

Como o foco deste trabalho não é o dimensionamento em si mas a compatibilização dos projetos de instalações e estruturas e os seus desdobramentos abordaremos este tópico de forma concisa apenas para fins de exemplificação e explanação do conteúdo teórico de um projeto de instalações elétricas.

Para o dimensionamento dos condutores seriam avaliados 5 critérios e prevalecendo o que forneceu o maior valor de seção para o condutor. Os critérios a serem utilizados se encontram listados abaixo:

### **NBR 5410: 2004**

- ❖ Critério da seção mínima
- ❖ Critério da capacidade de condução de corrente
- ❖ Critério da queda de tensão
- ❖ Critério da proteção contra sobrecargas
- ❖ Critério da proteção contra curto-circuito

Figura 9.5 - Critérios adotados para o dimensionamento de condutores elétricos.

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.

### 9.5.1 Critério 1

Para o critério da seção mínima tem-se a adoção da seção mínima prevista em norma que especifica como sendo a seção mínima para a iluminação como sendo 1,5 mm<sup>2</sup> e para

circuitos de força como sendo 2,5 mm<sup>2</sup>. Observado que tomadas são consideradas como sendo um circuito de força portanto tendo seção mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

### 9.5.2 Critério 2

No critério da capacidade de condução de corrente foi feita a avaliação da capacidade de carga “I” dado que os condutores sofrem redução de sua capacidade de carga dado o aumento da temperatura portanto o efeito joule do conjunto de condutores dentro de um mesmo eletroduto deve ser avaliado.



Figura 9.6 - Correção da capacidade de carga dado o aumento de temperatura.

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.

### 9.5.3 Critério 3

No critério da queda de tensão avaliamos o efeito que o comprimento do condutor tem na queda de tensão, pois é sabido que a queda de tensão ocorre devido ao Efeito Joule que causa dissipação de calor ao longo do condutor devido a sua resistência elétrica.

Abaixo observa-se um exemplo mostrado em aula que com o cálculo da queda de tensão podemos calcular a nova seção teórica equivalente do condutor e assim adotando o valor limite de queda de tensão citada no prefácio deste capítulo.

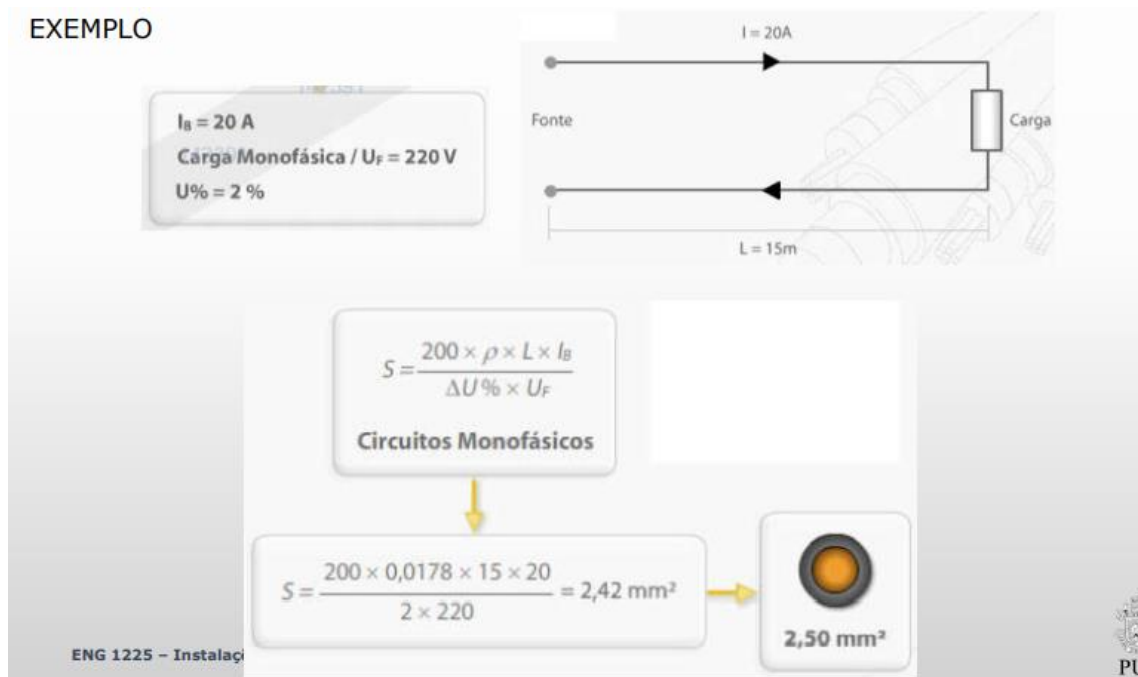


Figura 9.7 - Dimensionamento da seção mínima para atender a queda de tensão máxima.

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.

#### 9.5.4 Critério 4

No critério de proteção contra sobrecargas é feita a avaliação das capacidades de condução dos condutores segundo as características ambientes desses condutores e aplicamos fatores de correção para verificar se a nova capacidade de condução se encontra dentro do intervalo permitido por norma.

#### 4. CRITÉRIO DA PROTEÇÃO CONTRA SOBRECARGAS

**Crítérios Normativos**

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

$$I_Z = I_{NC} \times f_1 \times f_2$$

**Legenda:**

$I_B$	Corrente de projeto
$I_N$	Corrente nominal do dispositivo de proteção
$I_Z$	Capacidade de condução de corrente dos condutores, considerando as condições de instalação (Capacidade de corrente aplicados os fatores de correção $f_1$ e $f_2$ )
$I_{NC}$	Capacidade de corrente do condutor, nas condições estabelecidas pela NBR 5410 (tabelas 36 ou 37, de acordo com o tipo de isolamento do condutor)
$f_1$	Fator de correção de temperatura
$f_2$	Fator de correção de agrupamento
$I_2$	Corrente convencional de atuação para disjuntores, ou corrente convencional de fusão dos fusíveis

No mercado:

$I_N = 5, 10, 15, 16, 20, 25, 30, 32, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 70, 80...$

**Correntes convencionais de não atuação ( $I_{IN}$ ), corrente de atuação ( $I_2$ ) e tempo convencional de atuação para disjuntores de baixa tensão**

Corrente Nominal $I_N$ (A)	NBR 60.947-2		NBR NM - 60.898		TEMPO CONVENCIONAL DE ATUAÇÃO
	$(I_{IN})$	$(I_2)$	$(I_{IN})$	$(I_2)$	
$I_N \leq 63$ A	$1,05 I_N$	$1,3 I_N$	$1,13 I_N$	$1,45 I_N$	1,0 h
$I_N \geq 63$ A					2,0 h

$I_{IN}$  - Corrente para a qual o disjuntor é projetado para operar nas condições normais de funcionamento, especificadas pelos fabricantes e estabelecidas pelas Normas da ABNT.  
 $I_N$  - Máxima sobrecorrente que pode circular pelo disjuntor, sem que haja secçãoamento do circuito.  
 $I_2$  - Corrente na qual o disjuntor deve atuar, provocando a interrupção do circuito.

ENG 1225 - Instalações Prediais

Figura 9.8 - Dimensionamento do disjuntor para proteção contra sobrecargas.

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.

#### EXEMPLO (cont.)

Corrente da Carga = 20 A  
 Eletroduto embutido em alvenaria  
 Temperatura ambiente de 35°C

$I_2 \leq 1,45 I_Z$

$$1,3 \times I_N \leq 1,45 \times I_{NC} \times f_1 \times f_2$$

$$1,3 \times 25 \leq 1,45 \times 41 \times 0,80 \times 0,94$$

$$32,5 \leq 44,7$$

(NBR 60.947-2) ✓

$I_2 \leq 1,45 I_Z$

$$1,45 \times I_N \leq 1,45 \times I_{NC} \times f_1 \times f_2$$

$$1,45 \times 25 \leq 1,45 \times 41 \times 0,80 \times 0,94$$

$$36,25 \leq 44,7$$

(NBR NM-60.898) ✓

Seção adotada: OK!

Corrente nominal do disjuntor = 25A

Figura 9.9 - Dimensionamento da seção mínima para atender as condições ambiente de instalação do condutor.

Fonte: Notas de aula da professora Fernanda Salgado - PUC Rio.

### 9.5.5 Critério 5

No critério 5 será feito o dimensionamento do condutor segundo a capacidade de curto circuito segundo a capacidade do transformador que é fornecida pela concessionária de energia elétrica no caso do nosso edifício a concessionária Light. Com base nele pegamos em tabela a corrente dele máximo de curto circuito e em cima deste valor calculamos a seção mínima do condutor.



Figura 9.10 – Critério 5, dimensionamento do disjuntor a ser instalado para a proteção do sistema contra sobre cargas.

Fonte: Salgado, 2021

### 9.5.5 Considerações para o dimensionamento do fio neutro e de aterramento

Para o dimensionamento do condutor neutro e sua disposição dentro do projeto atende-se às regras previstas em norma que são, um condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito e que um condutor neutro dentro de um sistema monofásico e bifásico deve-se adotar a mesma seção do condutor fase. Para circuitos trifásicos utilizou-se a tabela abaixo, retirada dos slides de aula.



No dimensionamento do fio terra adotamos os critérios abaixo que especificam que para condutores com seção inferior a 16 mm<sup>2</sup> adotamos a mesma seção da fase para o fio terra que constitui a grande maioria senão a totalidade dos casos de condutores em instalações residenciais.

## 9.6 Modelo 3D de instalações elétricas

Dentro da nossa abordagem e aplicação dos conceitos BIM para tal criamos no ambiente 3D uma modelagem das instalações elétricas referentes a uma unidade do pavimento tipo da edificação elencada para este trabalho. Com isso esperamos ao final apresentar um exemplo de compatibilização de projetos. Segue abaixo na figura 9.10 um flagrante da modelagem 3D desenvolvida neste trabalho.

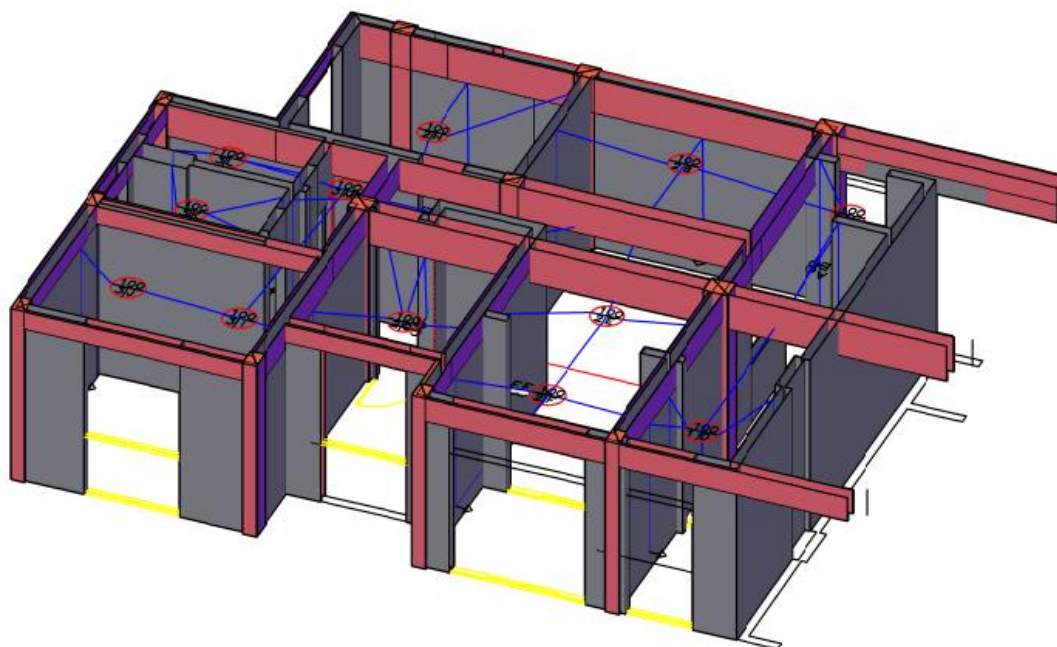
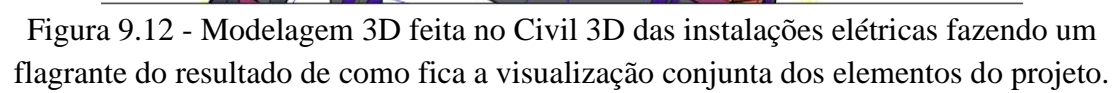


Figura 9.11 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações elétricas de uma unidade do pavimento tipo.

Fonte: Próprios autores, 2021.



90





## 10 CONCLUSÃO

A utilização da metodologia BIM proporciona um grande avanço no quesito eficiência, pois apenas pelo fato de proporcionar uma intercomunicação entre os programas ajuda evitar o retrabalho na fase de construção, o que por si só, em termos financeiros, já faria uma grande diferença para os projetistas e calculistas. Além disso, outro benefício reside na capacidade de integração dos projetos, como os estruturais e de instalações, que também foi abordado neste trabalho, para fins de avaliação da compatibilização. Um número significativo de mudanças foi feito na concepção deste projeto, pois com a facilidade proporcionada pelos programas, como o REVIT e o CIVIL 3D, foi possível analisar pontos de incompatibilidade entre arquitetura, estrutura e instalações, desta forma, ainda nesta etapa, a edificação foi modelada com o intuito de minimizar estes possíveis problemas de interferência.

Como vimos em Administração para engenheiros, os custos referentes a mudanças na fase de concepção do projeto, tem valores muito inferiores se comparados com as mudanças feitas já na de construção, por isso se justifica ter um projeto bem alinhado em todos os seus componentes.

No decorrer do projeto aqui apresentado, foi possível verificar que o ambiente de softwares que utilizam o BIM, possibilita melhor visualização para os projetistas, além da possibilidade de exportação dos arquivos para programas de cálculo que utilizam a mesma tecnologia, como o caso deste trabalho, onde foram utilizados os programas Civil3D, Revit e TQS.

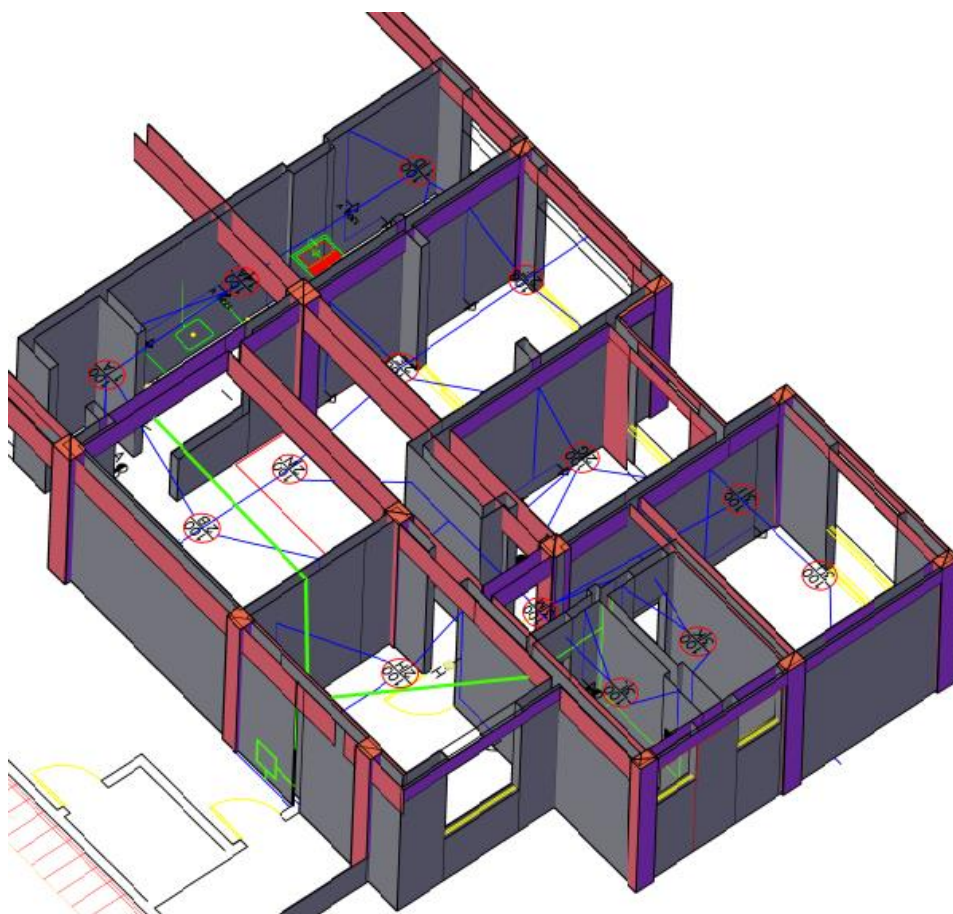


Figura 10.1 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações juntamente com o projeto estrutural.

Fonte: Próprios autores, 2021.

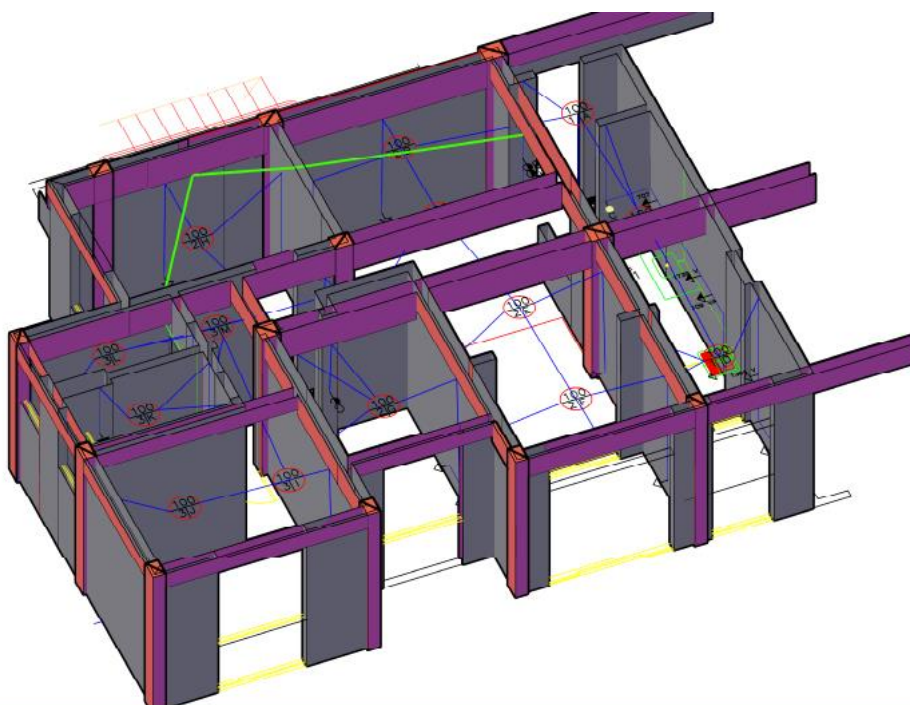


Figura 10.2 - Modelagem 3D feita no Civil 3D das instalações juntamente com o projeto estrutural.

Fonte: Próprios autores, 2021.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10520**: Informação e documentação - Citações em documentos – Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12655**: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14880**: Saídas de emergência em edifícios - Escada de segurança - Controle de fumaça por pressurização. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14931**: Execução de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5626**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5665**: Cálculo do tráfego nos elevadores. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: Informação e Documentação - Referências – Elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023**: Informação e documentação: Referências. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6029**: Informação e documentação: Livros e folhetos. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6120**: Ações para o cálculo de estruturas de edificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.



BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**: Segundo a NBR 6118:2014. 4. ed. [S. l.]: EduFSCar, 2021. 415 p.

CASTOLDI, Raylane. Slides da aula de laboratório de Materiais de Construção. **Curso de Laboratório de materiais de construção** da Pontifícia Universidade Católica. <https://ead.puc-rio.br/>, 2020. Disponível em: 10/10/2020. Acesso em: 09/09. 2021.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 1. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2005.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 2. ed. rev. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2008.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 2. ed., 1. reimp. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2013.

CLÍMACO, J. C. T. S. **Estruturas de concreto armado**: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação. 2. ed., 2. reimp. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2015.

ESTRUTURAS DE CONCRETO. **UFPR**. Disponível em: Capitulo4-EstruturasConcreto.pdf. Acesso em: 09 nov. 2021.

ESTRUTURAS de Concreto Armado da Universidade do Paraná. Apostila. **Universidade do Paraná**. Disponível em: tc040-2016-lajes-new.pdf (ufpr.br). Acesso em: 21 out. 2021.

GÓMEZ-SOBERÓN, J. M. V. Porosity of recycled concrete with substitution of recycled concrete aggregate: An experimental study. **Cement and Concrete Research**, v. 32, n. 8, p. 1301-1311, 2002

JEFFERSON S. CAMACHO. ESTUDO DA VIGAS. Dimensionamento de Vigas de Concreto Armado. **UNESP DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**, 2021. Disponível em: unesp.br. Acesso em: 5 nov. 2021.



JUNIOR, Moacir de Oliveira. Instalações Prediais. **VIPTEC**. Disponível em: [http://www.viptec.com.br/Arquivos\\_Dicas/6047Modulo%201%20-%20Agua%20fria%20-%20Introducao%20V04.pdf](http://www.viptec.com.br/Arquivos_Dicas/6047Modulo%201%20-%20Agua%20fria%20-%20Introducao%20V04.pdf). Acesso em 20 nov.2021

Marcelo Corrêa e Gian Marquês. Projeto de cobertura nº 406 condomínio Jardim América. Adaptação feita pelos autores do projeto de graduação sobre o projeto do apartamento da Construtora Mil. **Arquivo técnico da construtora**, 2016. Retirado em: 01/08/2021.

MARTHA, Luiz Fernando. **Ftool**: Two-Dimensional Frame Analysis Tool. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2018.

SALGADO, Fernanda. Notas de aula da professora. Curso de Instalações Prediais da Universidade PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO. **EAD PUC-RIO**, 2021. Disponível em: <https://ead.puc-rio.br/>. Acesso em: 08 nov. 2021.

SAYÃO, Alberto. Slides da aula de Geotecnia Aplicada. Curso de **Geotecnia Aplicada** da PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO. **EAD- PUC-Rio**, 2021. Disponível em: <https://ead.puc-rio.br/>. Acesso em: 10 set. 2021.

SHEHATA, Lydia. Slides da aula de Estruturas de Concreto Armado II (ENG-1219). Curso de **Estruturas de Concreto Armado II** da PUC-Rio. **EAD PUC-RIO**, 2020. Disponível em: <https://ead.puc-rio.br/>. Acesso em: 26 set. 2021.

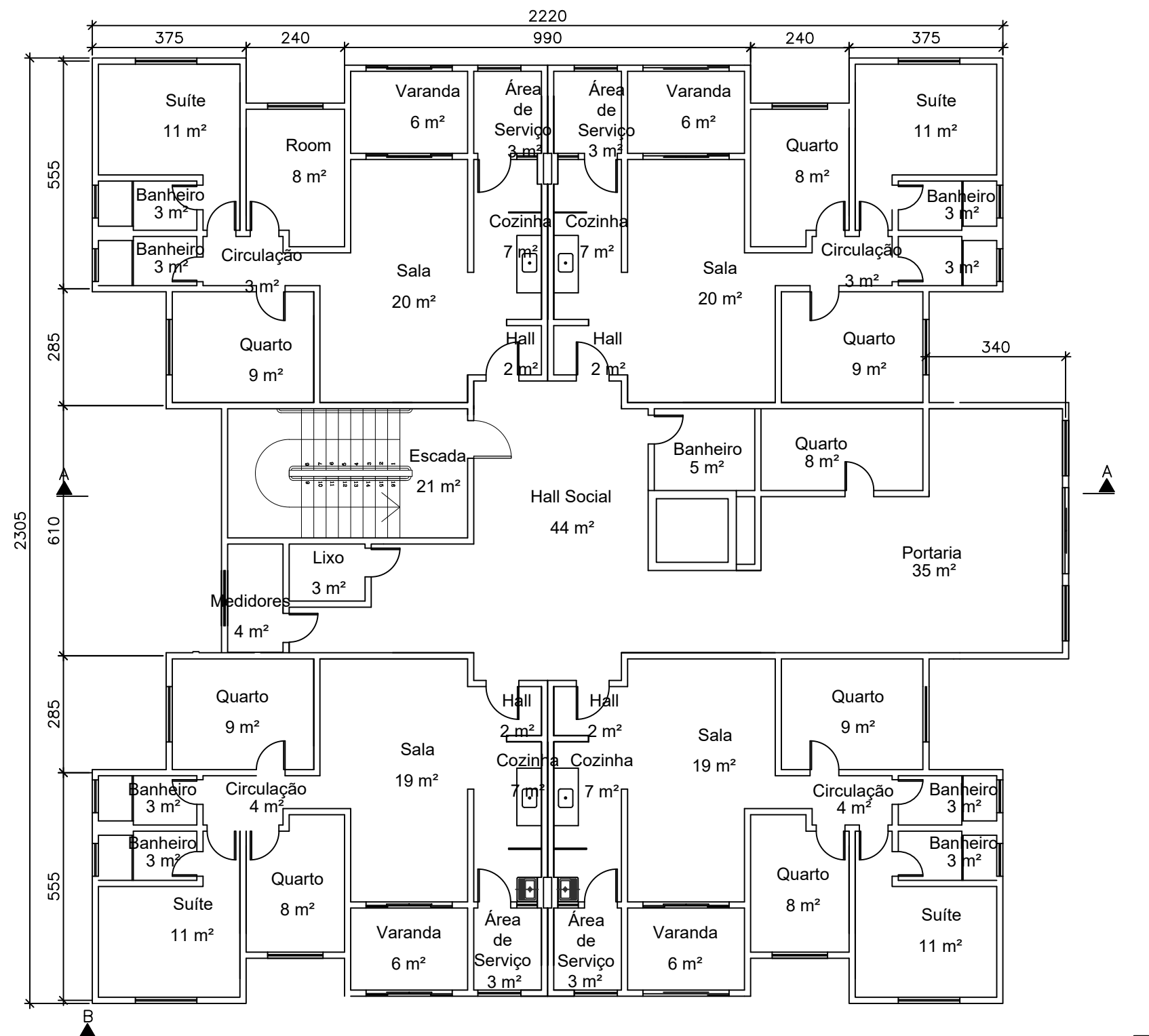
TAISSUM, Daniel Carlos. Slides da aula de Pré-dimensionamento e dimensionamento de estruturas. Curso de **Estruturas de Concreto Armado I** da PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO. **EAD-PUC-Rio**, 2021. Disponível em: <https://ead.puc-rio.br/>. Acesso em: 13 ago. 2021.

VINICIUS LAZZAROTTO TABELA DE ESTRIBOS CONCRETO ARMADO I. **Passei Direto**. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/35952498/tabela-estribos>. Acesso em: 13 nov. 2021.


## ANEXOS

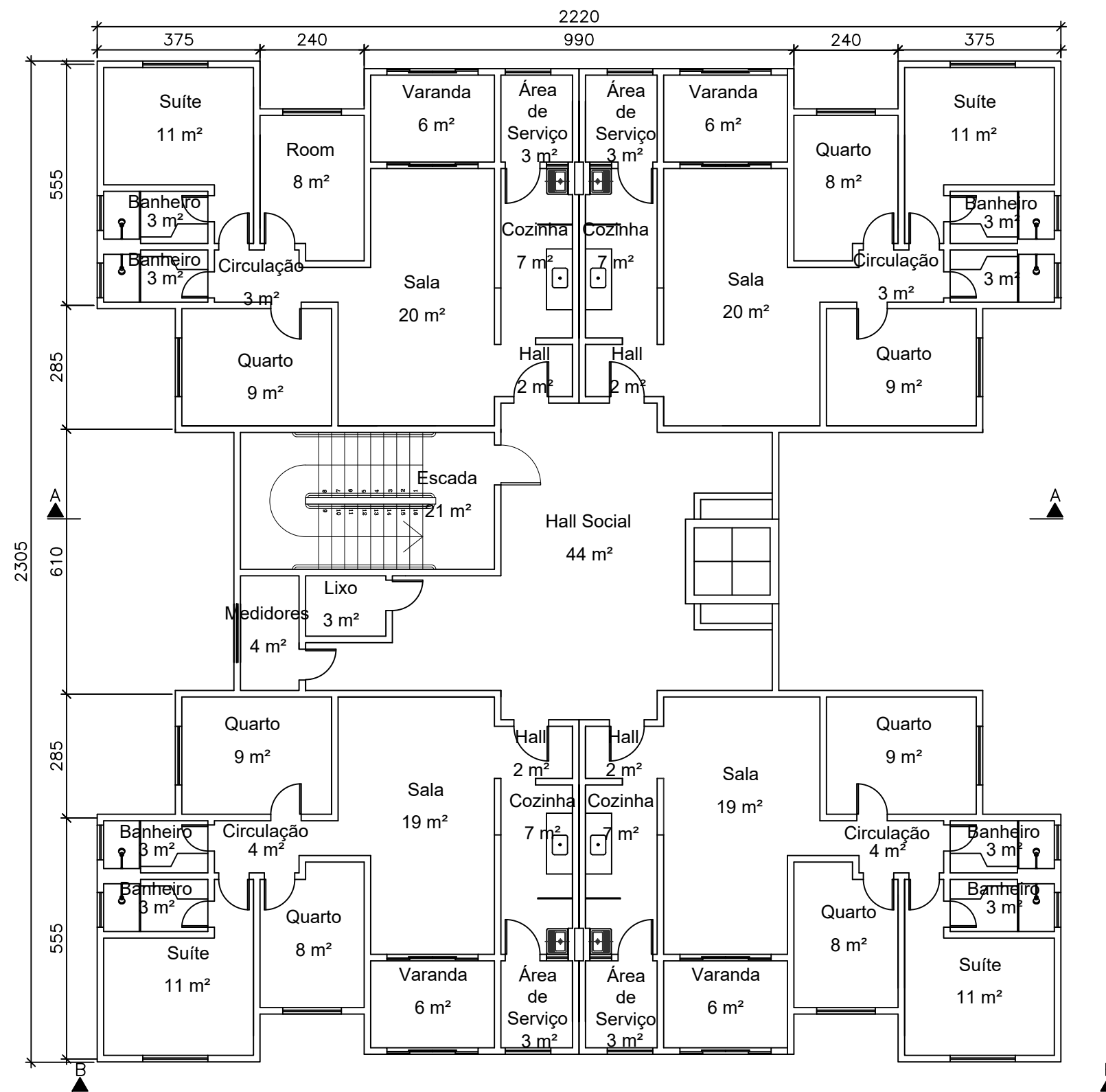
**ANEXO A**  
**PLANTAS ARQUITETÔNICAS**






PAVIMENTO TÉRREO  
1:125

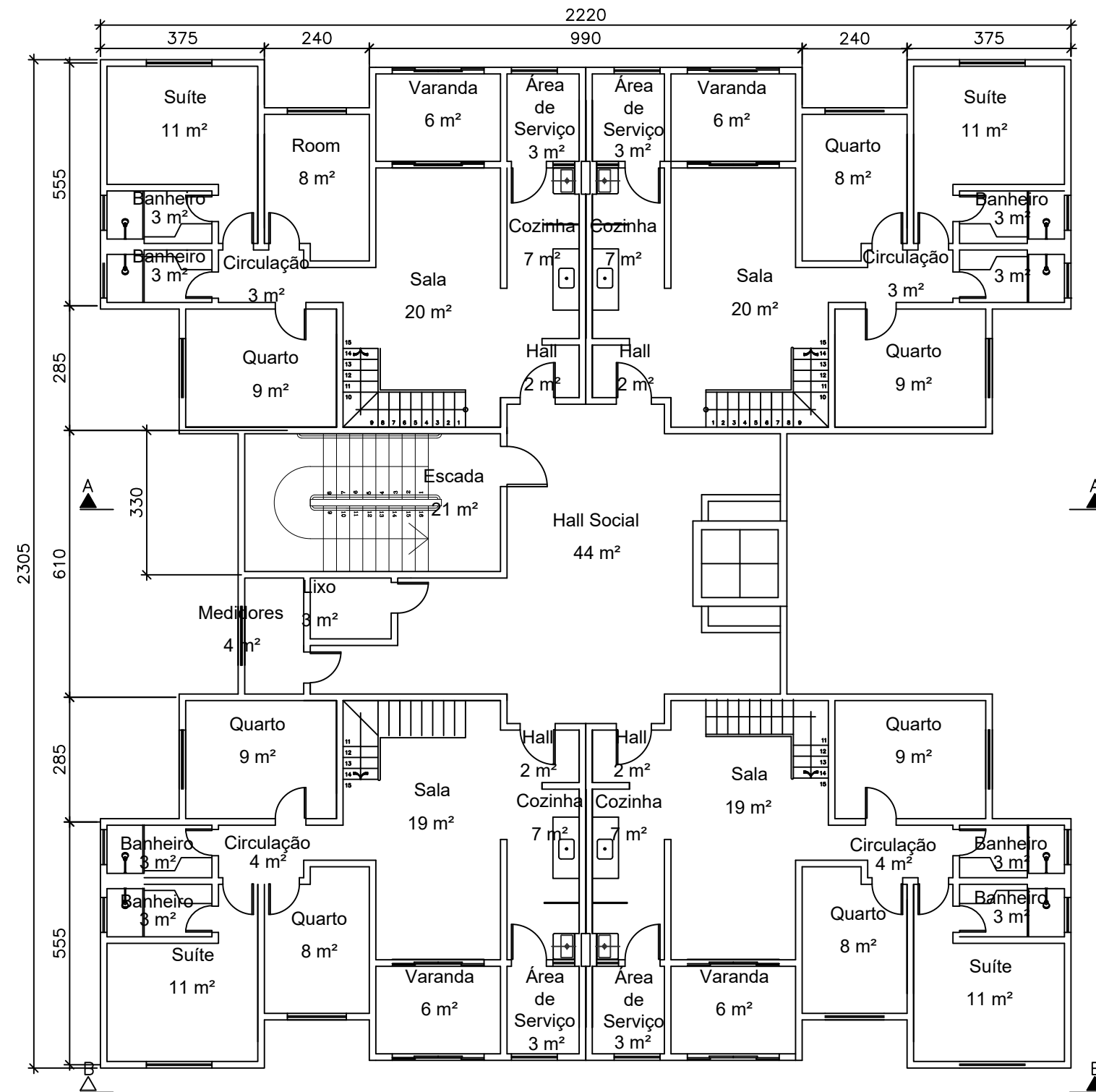
Título:					 <b>PUC</b> RIO
PUC-RIO					
Arquitetura Térreo					
Título:					N°:  1
PROJETO DE GRADUAÇÃO					
AUTORES:		Orientador: Jorge Lucas Ferreira			
GEORDE FELDHAUS FILHO		ESCALA	UNIDADE	DATA	REVISÃO N°
JOSÉ VICTOR PEREZ		1:125	m	22/11/2021	1




## PAVIMENTO TIPO

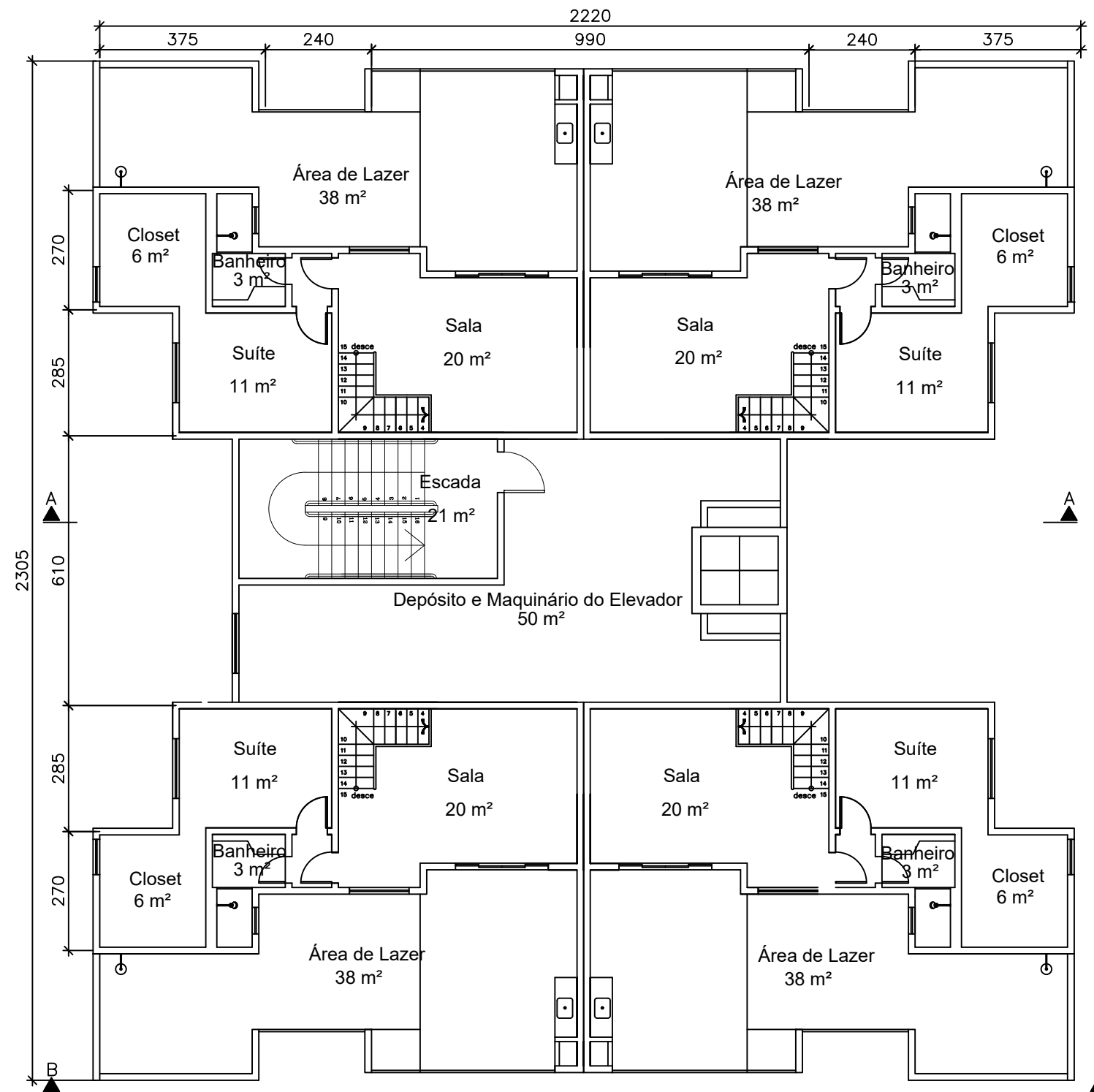
1:125

PUC-RIO					 <b>PUC</b> RIO
Arquitetura Pavimento Tipo					
Título: PROJETO DE GRADUAÇÃO					
AUTORES: GEORGE FELDHAUS FILHO JOSÉ VICTOR PEREZ		Orientador: Jorge Lucas Ferreira			Nº:  2
		ESCALA 1:125	UNIDADE m	DATA 22/11/2021	
		REVISÃO Nº 1			




1º PAVIMENTO COBERTUTA  
1:125

PUC-RIO					 <b>PUC</b> RIO
Arquitetura 1º Pavimento Cobertura					
Título: PROJETO DE GRADUAÇÃO					
AUTORES: GEORGE FELDHAUS FILHO JOSÉ VICTOR PEREZ		Orientador: Jorge Lucas Ferreira			Nº:  3
		ESCALA 1:125	UNIDADE m	DATA 20/10/2021	
				REVISÃO Nº 1	



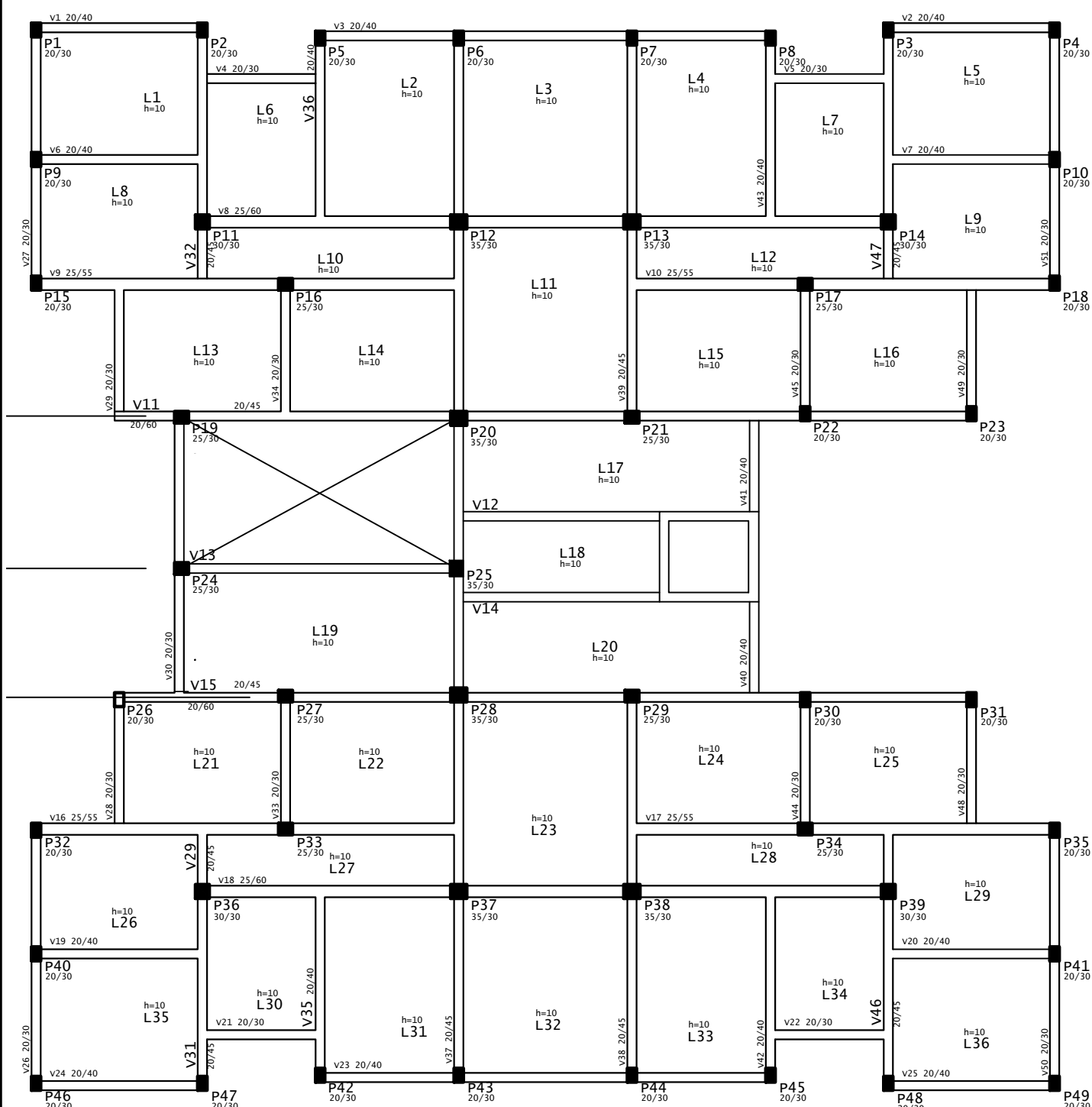
## 2º PAVIMENTO COBERTUTA

1:125

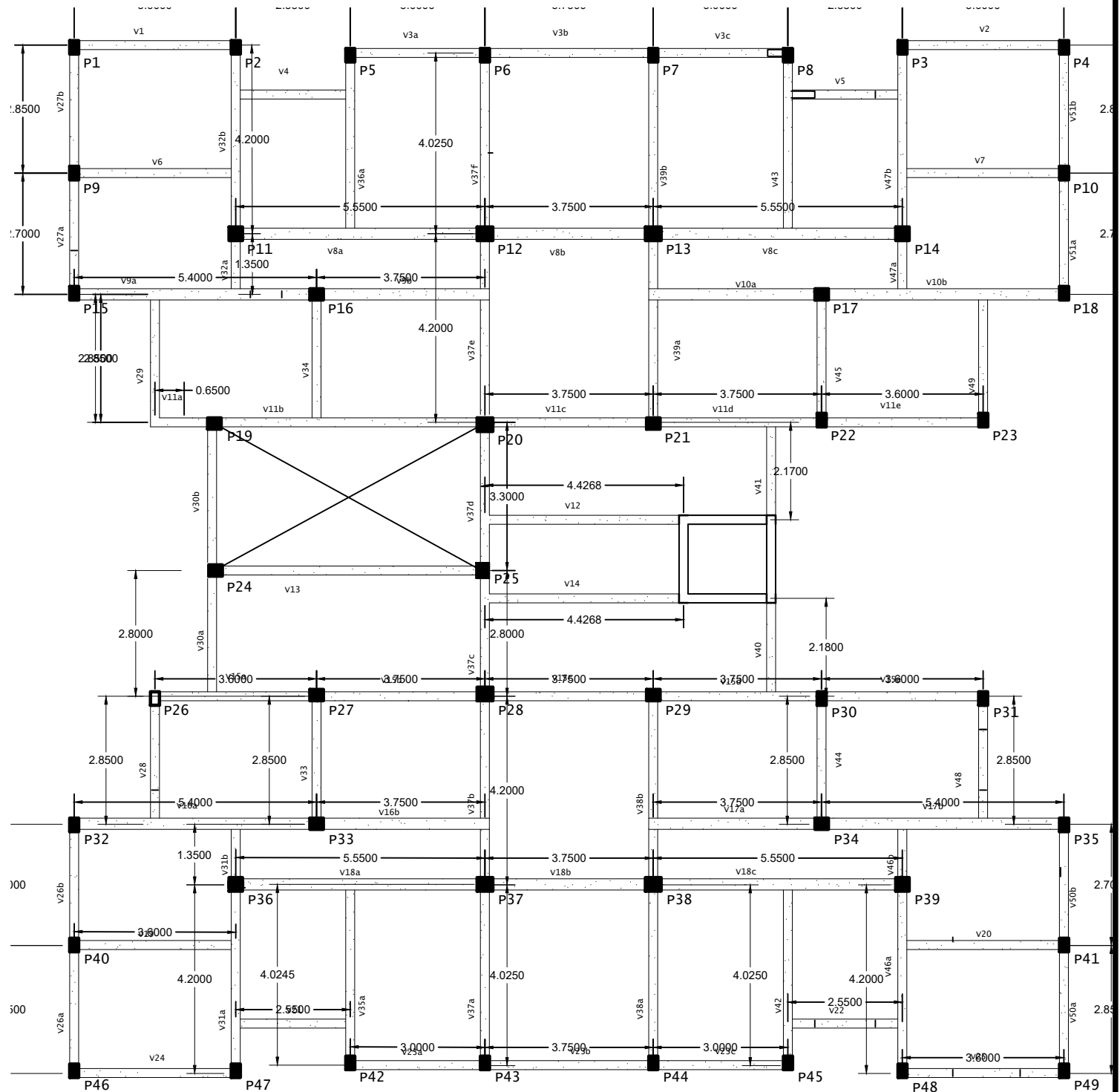
PUC-RIO					 <b>PUC</b> RIO
Arquitetura 2ºPavimento Cobertura					
Título: PROJETO DE GRADUAÇÃO					
AUTORES: GEORGE FELDHAUS FILHO JOSÉ VICTOR PEREZ		Orientador: Jorge Lucas Ferreira			Folha:  4
		ESCALA 1:125	UNIDADE m	DATA 22/11/2021	

## **ANEXO B**


### **PLANTA DE FORMA**



PLANTA DE FORMA PAV. TIPO  
1:125

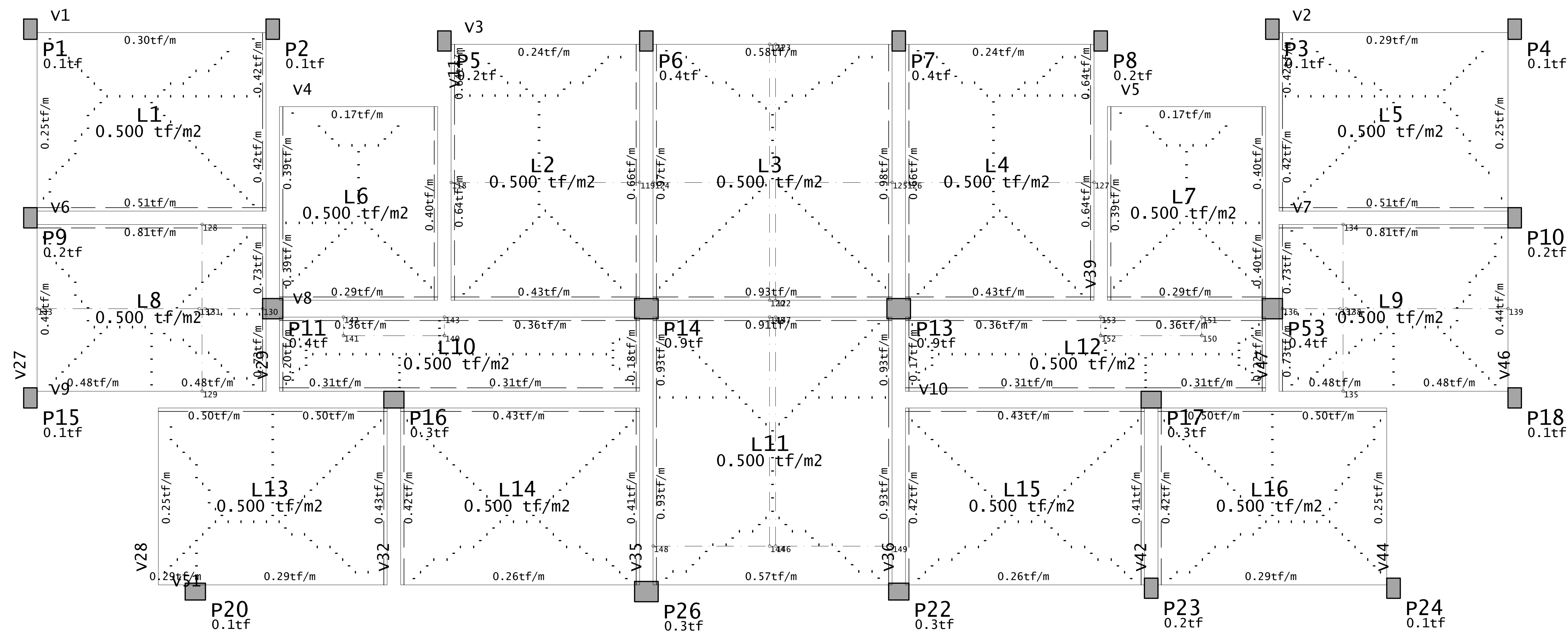
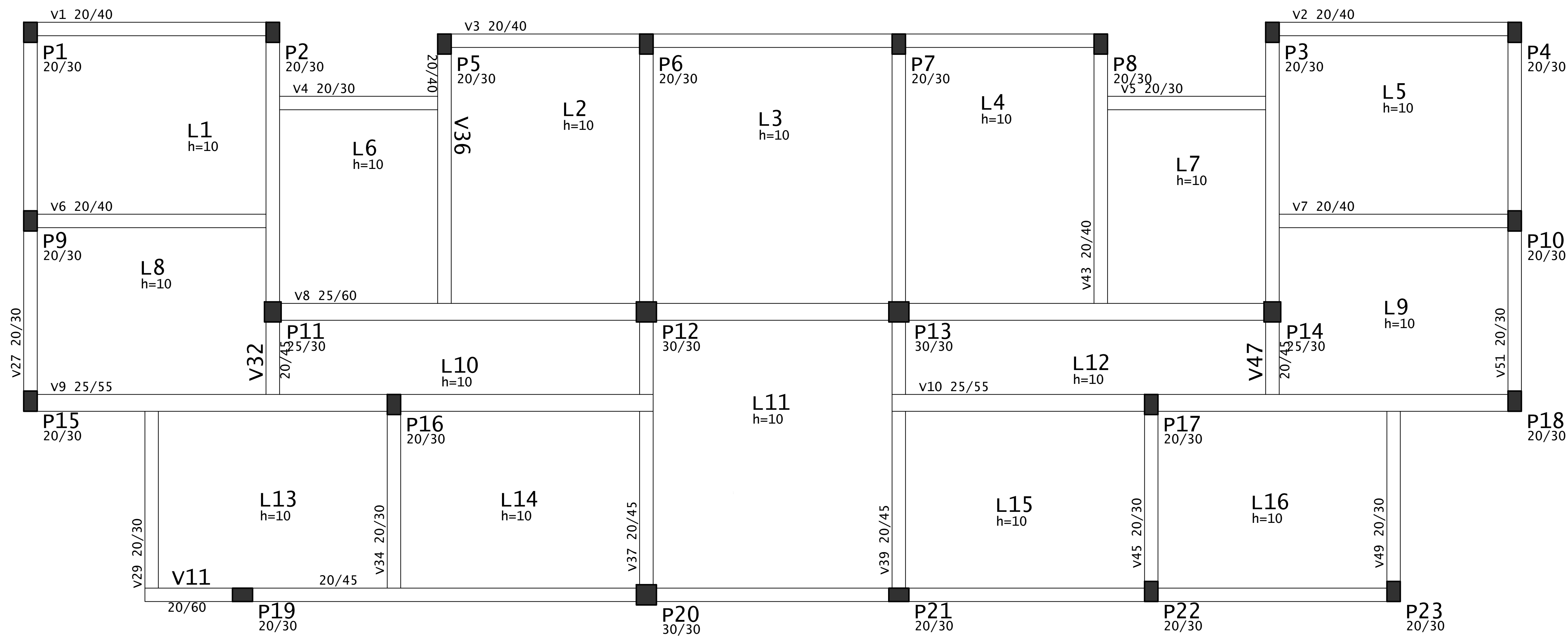


PLANTA DE FORMA PAV. TIPO  
1:125

PUC-RIO					 <b>PUC</b> RIO
Planta de Forma Pav. Tipo					
Título: <b>TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO</b>					
AUTORES:		Orientador: Jorge Lucas Ferreira			Nº: <b>1</b>
GEORGE FELDHAUS FILHO JOSÉ VICTOR PEREZ		ESCALA 1:125	UNIDADE m	DATA 20/10/2021	
				REVISÃO Nº 1	

## **ANEXO C**

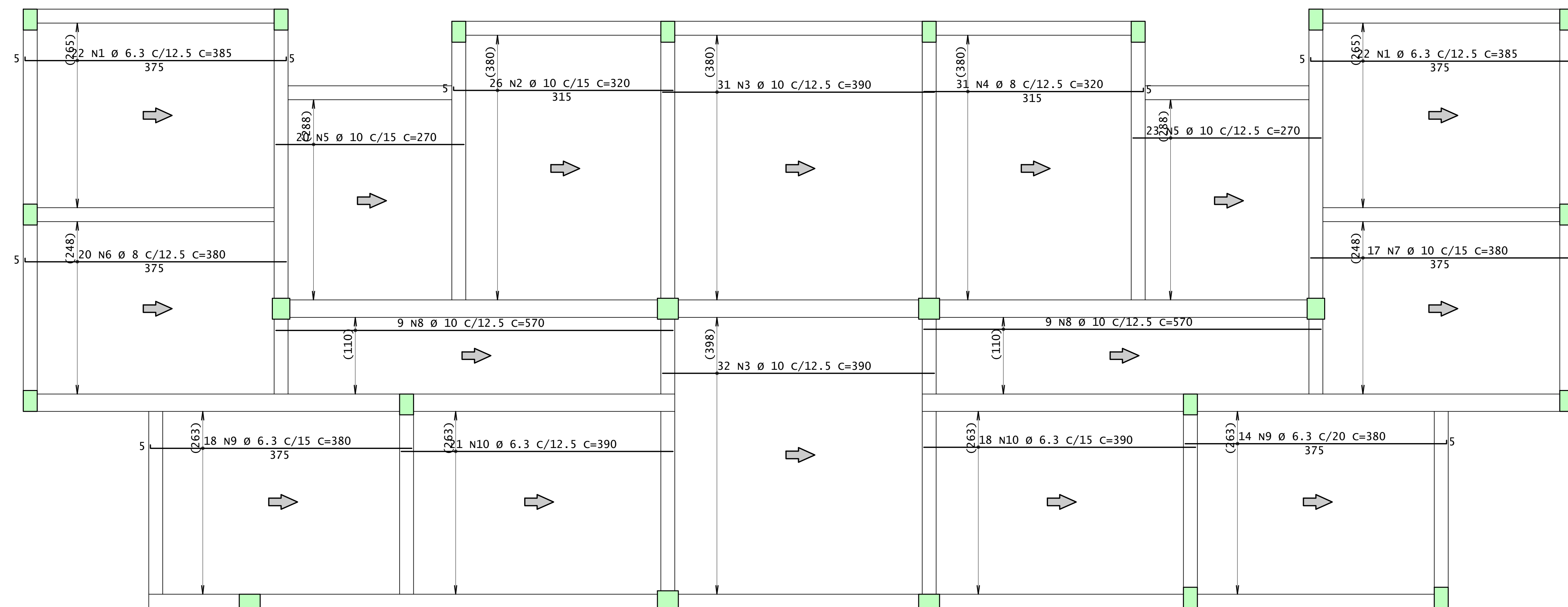
### **DETALHAMENTO DAS ARMADURAS - TQS**



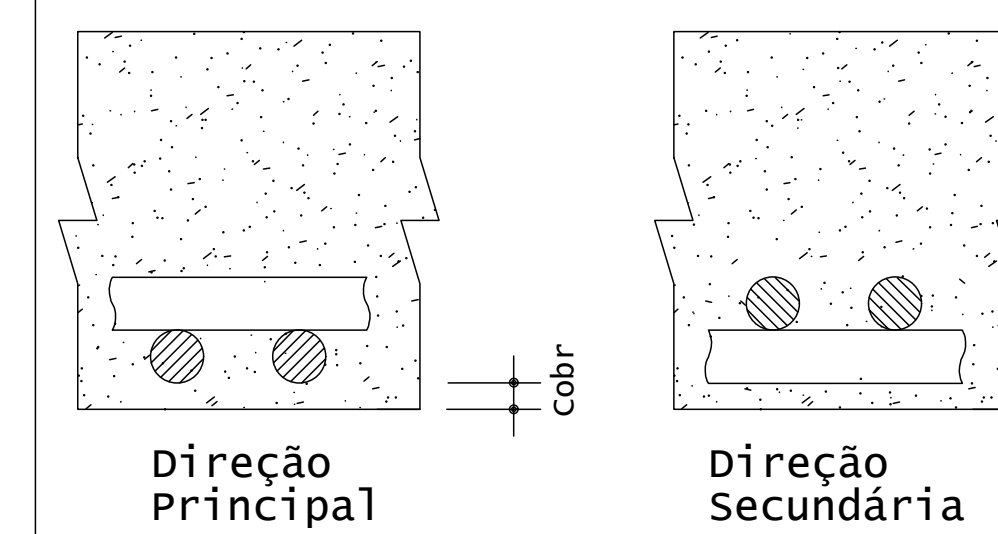
CONCRETO				OBRA N.º
fck = MPa				0001
ECS = Ver. n.º				DES. N.º
CLIENTE PUC-RIO				019
OBRA PROJETO DE GRADUAÇÃO - GEORGE E JOSÉ				REV. N.º
TÍTULO				00
DATA 28/11/2021	ESCALA 1:50	DESENHO EDI-TIP-LA3-019-R00	COORD.	ENG.º



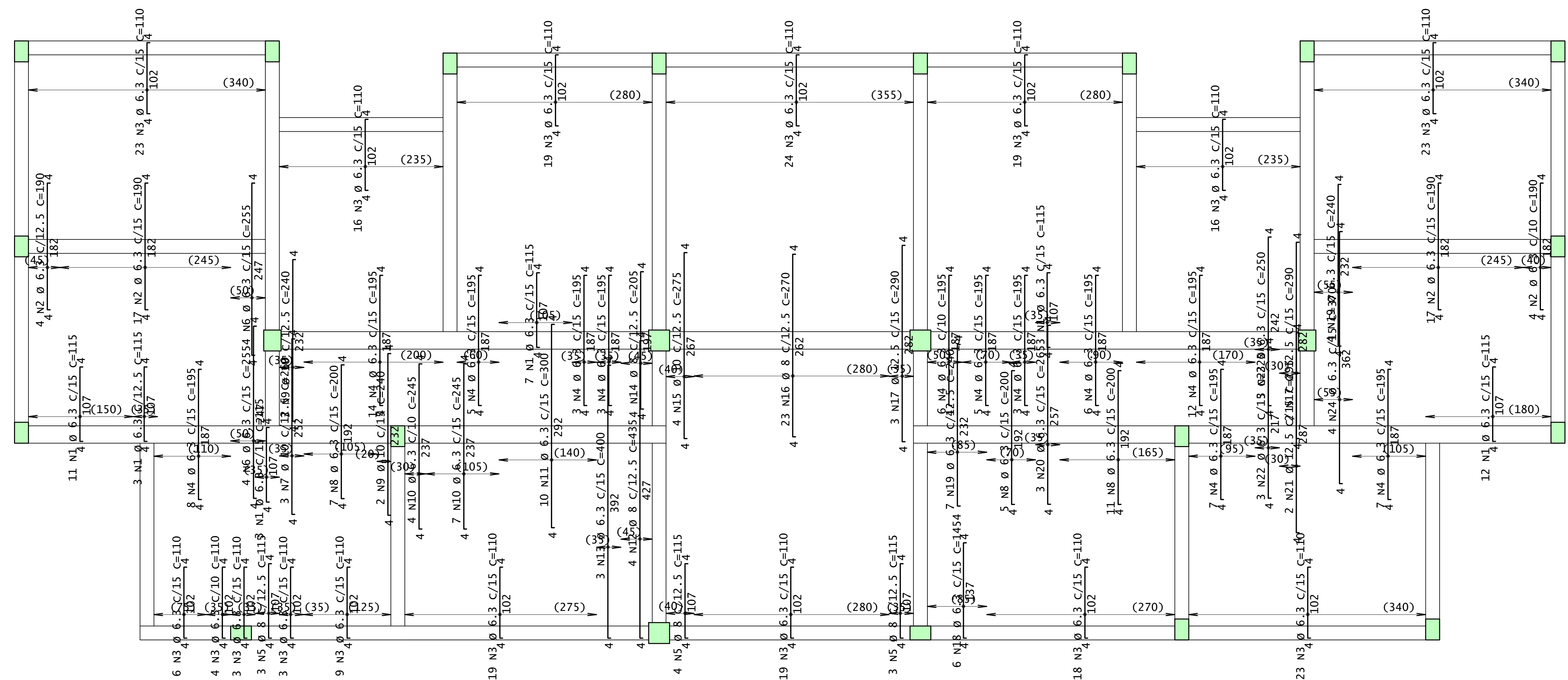
1x



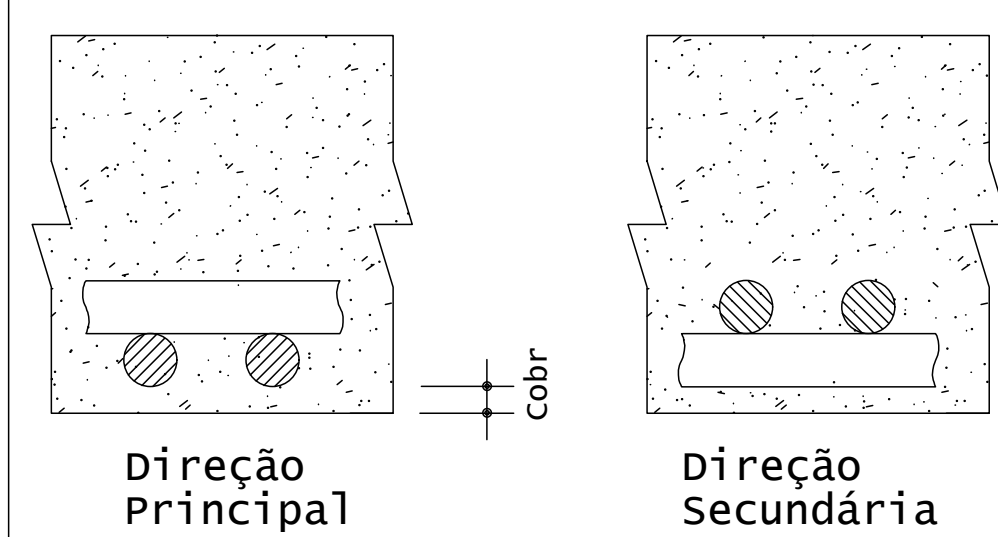
Detalhe genérico do alojamento  
de armaduras positivas



1x



Detalhe genérico do alo  
de armaduras positivas



Tubo	AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
					UNIT	TOTAL
					mm	cm
Tubo 1 - Armadura negativa	1	6,3	39	115	4485	
	2	6,3	42	190	7980	
	3	6,3	244	110	26840	
	4	6,3	79	195	15405	
	5	8	10	115	11510	
	6	6,3	8	255	2040	
	7	10	3	260	780	
	8	6,3	23	200	4600	
	9	10	5	240	1200	
	10	6,3	16	245	2450	
	11	6,3	10	300	3000	
	12	8	4	435	1740	
	13	6,3	3	400	1200	
	14	8	4	205	820	
	15	10	4	275	1100	
	16	8	23	270	6210	
	17	12,5	5	290	1450	
	18	6,3	6	145	870	
	19	6,3	164	240	26400	
	20	6,3	3	265	795	
	21	12,5	2	295	590	
	22	6,3	3	225	675	
	23	6,3	3	250	750	
	24	6,3	4	370	1480	
Tubo 1 - Armadura positiva	1	6,3	44	385	16940	
	2	10	26	320	8320	
	3	10	63	390	24570	
	4	8	32	9920		
	5	10	43	270	11610	
	6	8	20	380	7600	
	7	10	17	380	6460	
	8	10	18	570	10260	
	9	6,3	3	380	12160	
	10	6,3	39	390	15210	

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT mm	COMPR m	PESO kgf
50A	6.3	1198	293
50A	8	274	108
50A	10	643	397
50A	12.5	20	20
Peso=Total			818

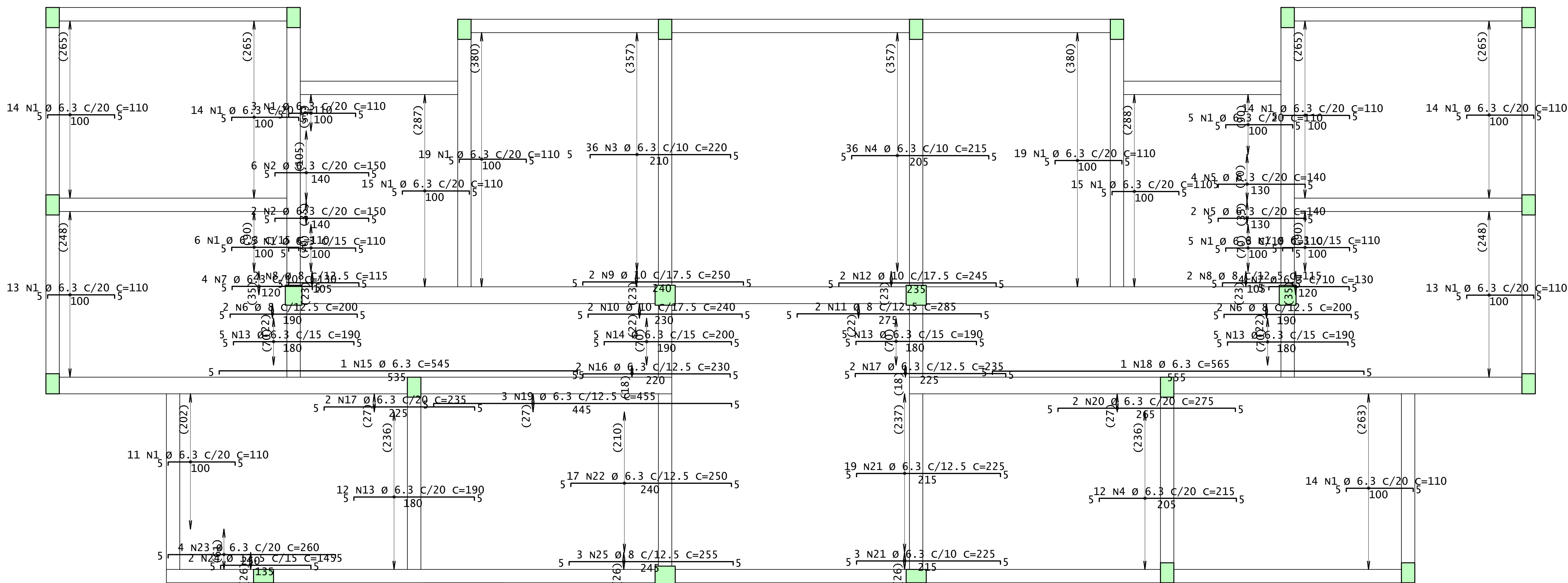
Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

CONCRETO		OBRA N.º	
fck = 25 Mpa		0001	
ECS = 24150 Mpa		DES. N.º	
CLIENTE		05	
PUC-RIO		021	
OBRA		PROJETO DE GRADUAÇÃO - GEORGE E JOSÉ	
TÍTULO		00	
Tipo 1 - Armadura negativa secundária		REV. N.º	
Tipo 1 - Armadura positiva principal		00	
DATA	ESCALA	DESENHO	COORD.
28/11/2021	1:50	ED-TP-LA3-021-R00	ENG.º



Tipo 1 - Armadura negativa principal

1x

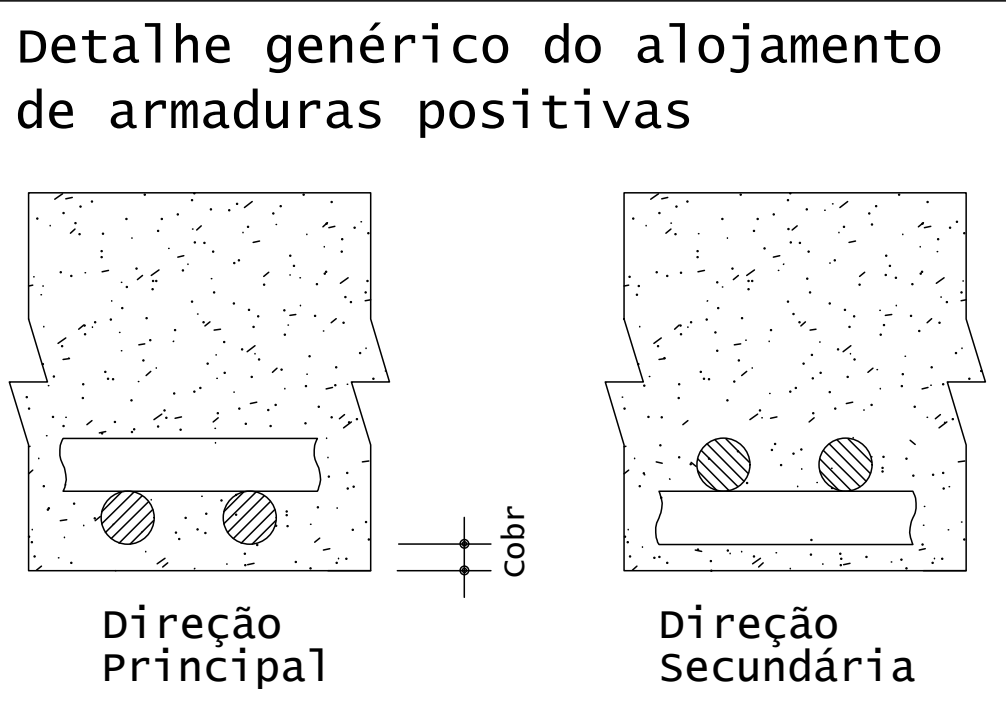
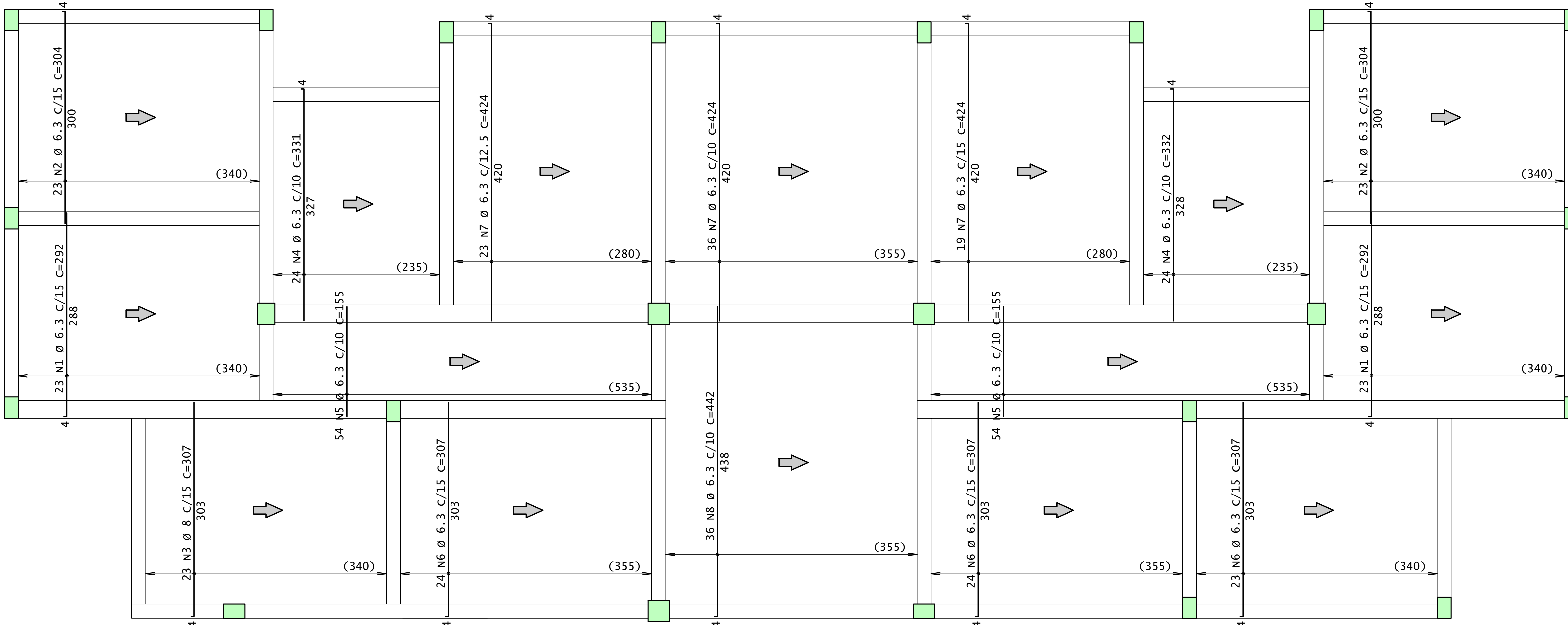


AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
				UNIT	TOTAL
				mm	cm
Tipo 1 - Armadura negativa principal					
50A	1	6.3	205	110	22550
50A	2	6.3	8	150	1200
50A	3	6.3	36	220	7920
50A	4	6.3	48	215	10320
50A	5	6.3	6	140	840
50A	6	8	4	200	800
50A	7	6.3	8	130	1040
50A	8	8	4	115	460
50A	9	10	2	250	500
50A	10	10	2	240	480
50A	11	8	2	285	570
50A	12	10	2	245	490
50A	13	6.3	27	190	5130
50A	14	6.3	5	200	1000
50A	15	6.3	1	545	545
50A	16	6.3	2	230	460
50A	17	6.3	4	235	940
50A	18	6.3	1	565	565
50A	19	6.3	3	455	1365
50A	20	6.3	2	275	550
50A	21	6.3	22	225	4950
50A	22	6.3	17	250	4250
50A	23	6.3	4	260	1040
50A	24	12.5	2	145	290
50A	25	8	3	255	765
60A	26	5	35	1140	39900
Tipo 1 - Armadura positiva secundaria					
50A	1	6.3	46	292	13432
50A	2	6.3	46	304	13984
50A	3	8	23	307	7061
50A	4	6.3	48	331	15888
50A	5	6.3	108	155	16740
50A	6	6.3	71	307	21797
50A	7	6.3	78	424	33072
50A	8	6.3	36	442	15912

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT	COMPR	PESO
	mm	m	kgf
60A	5	399	61
50A	6.3	1955	479
50A	8	97	38
50A	10	15	9
50A	12.5	3	3
Total			61 kgf
Total			529 kgf

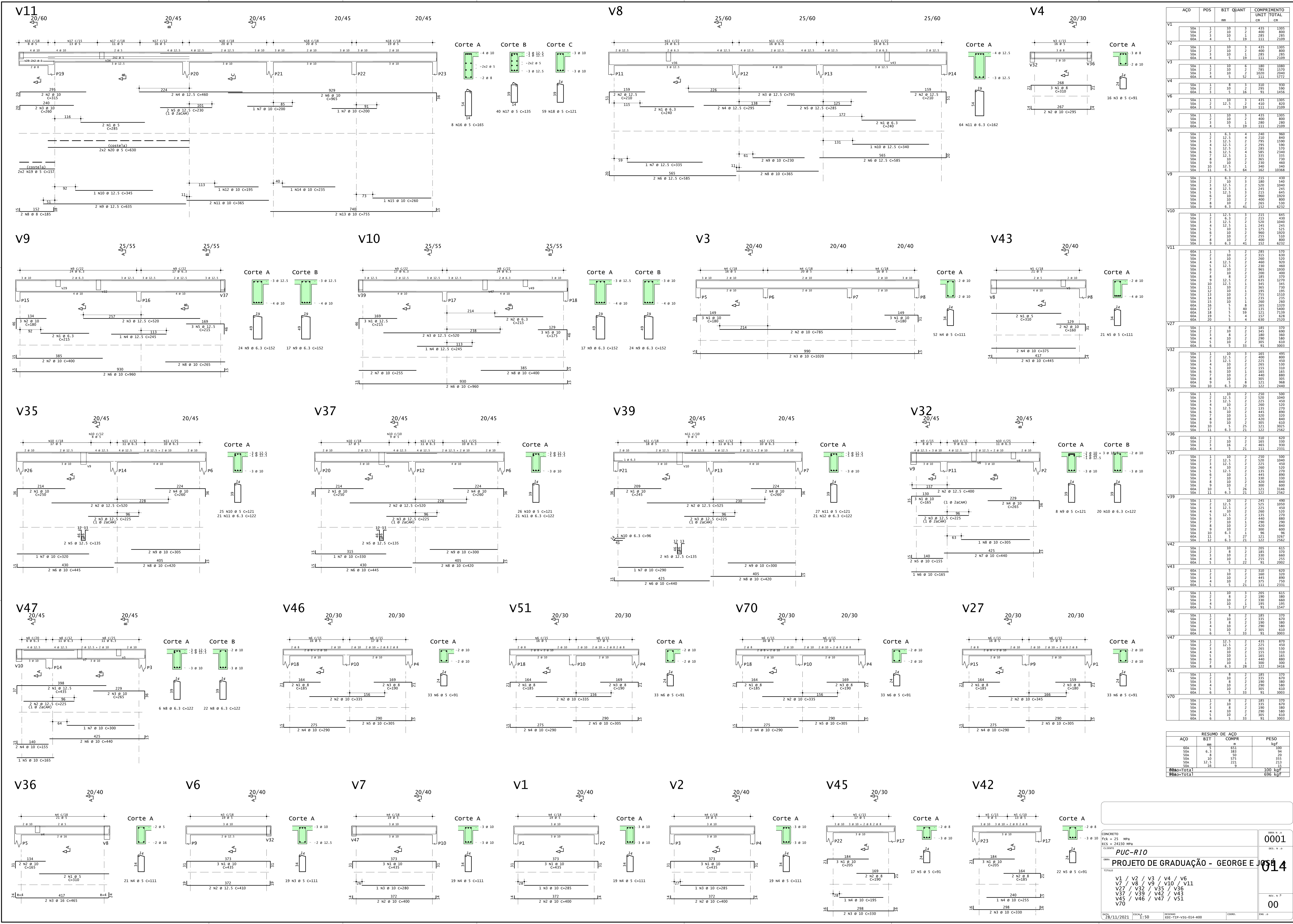
Tipo 1 - Armadura positiva secundaria

1x



CONCRETO				OBRA N.º	
fck = 25 MPa				0001	
ECS = 24150 MPa				DES. N.º	
CLIENTE				020	
OBRA				REV. N.º	
TITULO				00	
Tipo 1 - Armadura negativa principal				ENG.º	
Tipo 1 - Armadura positiva secundaria					
DATA	ESCALA	DESENHO	COORD.		
28/11/2021	1:50	EDI-TIP-LA3-020-R00			





	AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	UNIT	TOTAL
				mm	cm	cm	cm
V1	S0A	1	10	3	435	1305	
	S0A	2	10	2	400	800	
	S0A	3	10	5	131	285	
V2	S0A	1	10	3	435	1305	
	S0A	2	10	2	400	800	
	S0A	3	10	5	131	285	
V3	S0A	1	10	6	180	1080	
	S0A	2	10	2	785	1570	
	S0A	3	10	2	1020	2040	
	S0A	4	5	52	111	3772	
V4	S0A	1	10	3	310	930	
	S0A	2	10	8	295	2360	
	S0A	3	5	16	91	1456	
V6	S0A	1	12,5	3	435	1305	
	S0A	2	5	19	111	2109	
V7	S0A	1	10	3	435	1305	
	S0A	2	10	2	400	800	
	S0A	3	10	5	131	285	
V8	S0A	1	6,3	2	240	960	
	S0A	2	12,5	4	210	840	
	S0A	3	12,5	4	795	1590	
	S0A	4	12,5	2	295	590	
	S0A	5	12,5	4	335	1340	
	S0A	6	12,5	4	585	2340	
	S0A	7	10	2	365	730	
	S0A	8	10	2	230	460	
	S0A	9	10	1	340	340	
	S0A	10	12,5	1	140	340	
	S0A	11	6,3	64	162	10368	
V9	S0A	1	6,3	2	215	430	
	S0A	2	12,5	3	215	645	
	S0A	3	12,5	2	520	1040	
	S0A	4	12,5	2	245	490	
	S0A	5	12,5	3	215	645	
	S0A	6	10	2	960	1920	
	S0A	7	10	2	255	510	
	S0A	8	10	2	265	530	
	S0A	9	6,3	41	152	6232	
V10	S0A	1	12,5	3	215	645	
	S0A	2	6,3	3	180	540	
	S0A	3	12,5	2	520	1040	
	S0A	4	12,5	2	245	490	
	S0A	5	12,5	3	215	645	
	S0A	6	10	2	960	1920	
	S0A	7	10	2	255	510	
	S0A	8	10	2	265	530	
	S0A	9	6,3	41	152	6232	
V11	S0A	1	5	2	285	570	
	S0A	2	10	2	315	630	
	S0A	3	10	2	260	520	
	S0A	4	12,5	2	400	800	
	S0A	5	12,5	2	230	460	
	S0A	6	10	2	385	770	
	S0A	7	10	2	200	400	
	S0A	8	12,5	2	365	730	
	S0A	9	12,5	2	635	1270	
	S0A	10	10	2	345	690	
	S0A	11	10	2	365	730	
	S0A	12	10	2	395	790	
	S0A	13	10	2	755	1510	
	S0A	14	10	1	865	1730	
	S0A	15	10	1	260	260	
	S0A	16	10	1	385	385	
	S0A	17	5	40	135	5400	
	S0A	18	5	40	135	5400	
	S0A	19	5	4	157	628	
	S0A	20	5	4	630	2520	
V27	S0A	1	10	2	185	370	
	S0A	2	10	2	345	690	
	S0A	3	8	2	180	360	
	S0A	4	10	2	280	560	
	S0A	5	10	2	305	610	
	S0A	6	5	33	91	3003	
V32	S0A	1	10	3	165	495	
	S0A	2	12,5	2	400	800	
	S0A	3	10	2	225	450	
	S0A	4	10	2	265	530	
	S0A	5	10	2	155	310	
	S0A	6	10	1	165	165	
	S0A	7	10	1	400	800	
	S0A	8	10	1	305	305	
	S0A	9	5	121	3025		
	S0A	10	6,3	20	122	2440	
V35	S0A	1	10	2	250	500	
	S0A	2	12,5	2	520	1040	
	S0A	3	12,5	2	225	450	
	S0A	4	10	2	260	520	
	S0A	5	12,5	2	135	270	
	S0A	6	10	2	445	890	
	S0A	7	10	1	320	320	
	S0A	8	10	1	420	840	
	S0A	9	10	2	300	600	
	S0A	10	5	121	3025		
	S0A	11	6,3	21	122	2562	
V36	S0A	1	5	2	310	620	
	S0A	2	10	2	135	270	
	S0A	3	16	2	465	930	
	S0A	4	5	21	111	2331	
V37	S0A	1	10	2	250	500	
	S0A	2	12,5	2	520	1040	
	S0A	3	12,5	2	225	450	
	S0A	4	10	2	260	520	
	S0A	5	12,5	2	135	270	
	S0A	6	10	2	445	890	
	S0A	7	10	1	330	330	
	S0A	8	10	1	420	840	
	S0A	9	10	2	300	600	
	S0A	10	5	121	3025		
	S0A	11	6,3	21	122	2562	
V39	S0A	1	10	2	245	490	
	S0A	2	12,5	2	525	1050	
	S0A	3	12,5	2	225	450	
	S0A	4	10	2	190	380	
	S0A	5	12,5	2	135	270	
	S0A	6	10	2	445	890	
	S0A	7	10	1	290	290	
	S0A	8	10	1	420	840	
	S0A	9	10	2	300	600	
	S0A	10	5	121	3025		
	S0A	11	6,3	21	122	2562	
V42	S0A	1	10	2	205	410	
	S0A	2	10	2	185	370	
	S0A	3	10	2	330	660	
	S0A	4	10	1	255	255	
	S0A	5	5	22	91	2002	
V43	S0A	1	5	2	310	620	
	S0A	2	10	2	135	270	
	S0A	3	10	2	445	890	
	S0A	4	10	2	375	750	
	S0A	5	5	21	111	2331	
V45	S0A	1	10	3	205	615	
	S0A	2	10	2	330	660	
	S0A	3	10	2	330	660	
	S0A	4	10	2	375	750	
	S0A	5	5	17	91	1547	
V46	S0A	1	8	2	185	370	
	S0A	2	10	2	190	380	
	S0A	3	8	2	190	380	
	S0A	4	10	2	290	580	
	S0A	5	10	2	305	610	
	S0A	6	5	33	91	3003	
V47	S0A	2	12,5	2	435	870	
	S0A	3	12,5	2	225	450	
	S0A	4	10	2	190	380	
	S0A	5	10	2	155	310	
	S0A	6	10	2	165	330	
	S0A	7	10	2	440	880	
	S0A	8	6,3	28	102	3216	
V51	S0A	1	8	2	185	370	
	S0A	2	10	2	335	670	
	S0A	3	8	1	190	380	
	S0A	4	10	2	290	580	
	S0A	5	10	2	305	610	
	S0A	6	5	33	91	3003	
V70	S0A	1	8	2	185	370	
	S0A	2	10	2	335	670	
	S0A	3	8	1	190	380	
	S0A	4	10	2	290	580	
	S0A	5	10	2	305	610	
	S0A	6	5	33	91	3003	

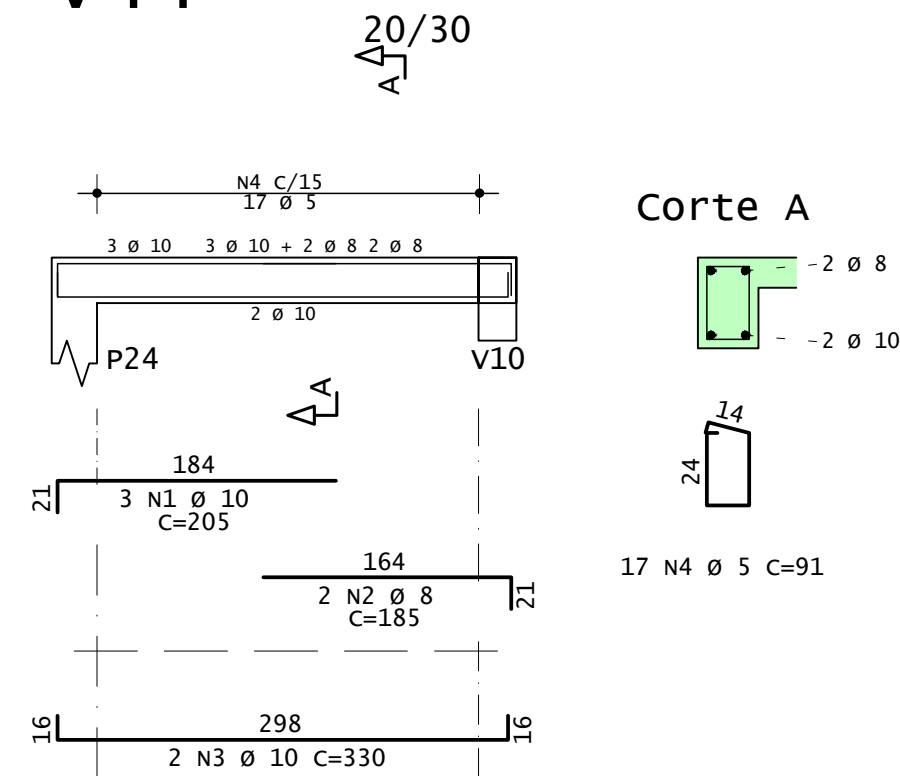
RESUMO DE AÇO			
ACO	BIT	COMPR	PESO
	mm	m	kgf
S0A	6,3	383	100
S0A	8	90	94
S0A	10	575	355
S0A	12,5	221	215
S0A	16	9	15
S0A=Total			100
S0A=Total			690

CONCRETO  
Fck = 25 MPa  
ECS = 24150 MPa  
CLIENTE  
OBRAS  
TÍTULO

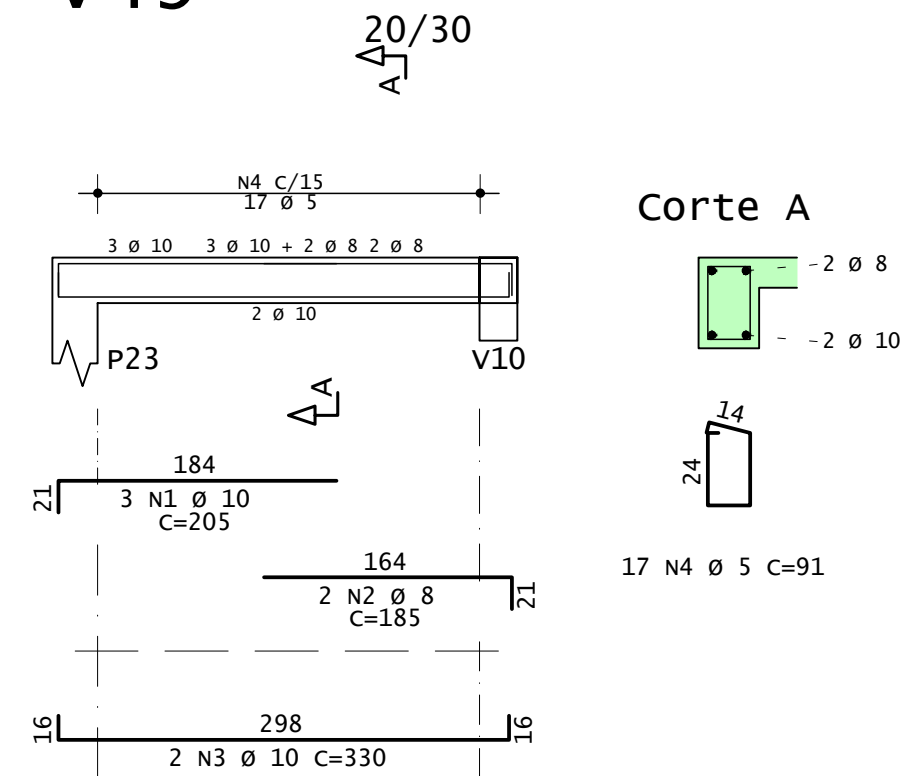
0001  
DES. N.º  
PROJETO DE GRADUAÇÃO - GEORGE J  
V1 / V2 / V3 / V4 / V6  
V7 / V8 / V9 / V10 / V11  
V27 / V32 / V35 / V36  
V37 / V39 / V42 / V43  
V45 / V46 / V47 / V51  
V70

0014  
REV. N.º  
00  
DATA: 28/11/2021  
ESCALA: 1:50  
DESENHO: EDI-TEP-VTG-014-ROO  
COMPROV.:  
ENG. N.º

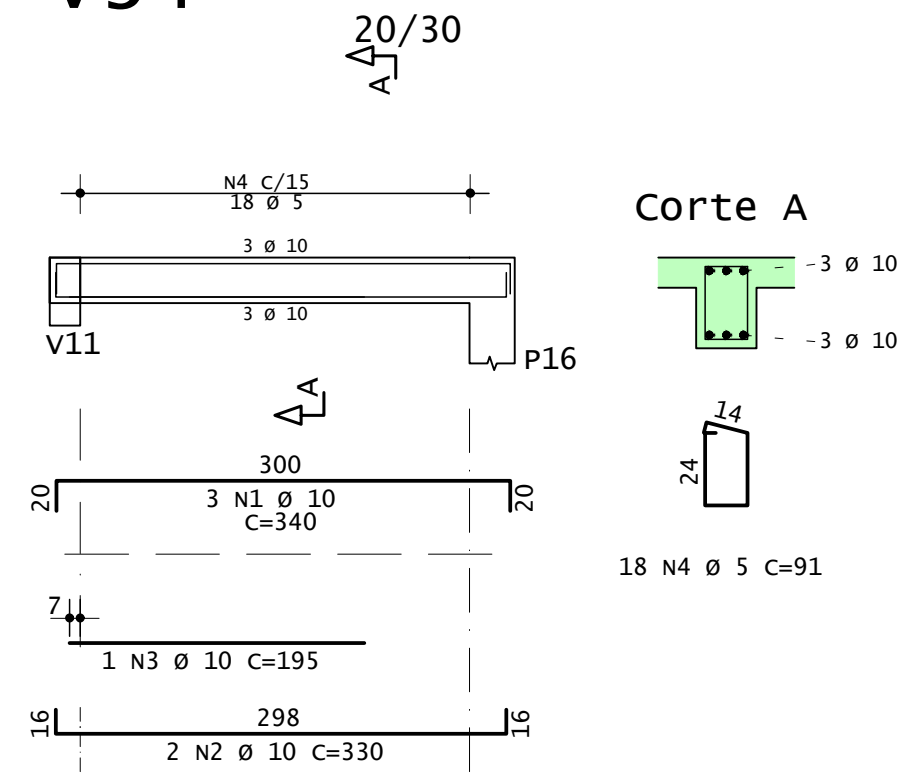
V44



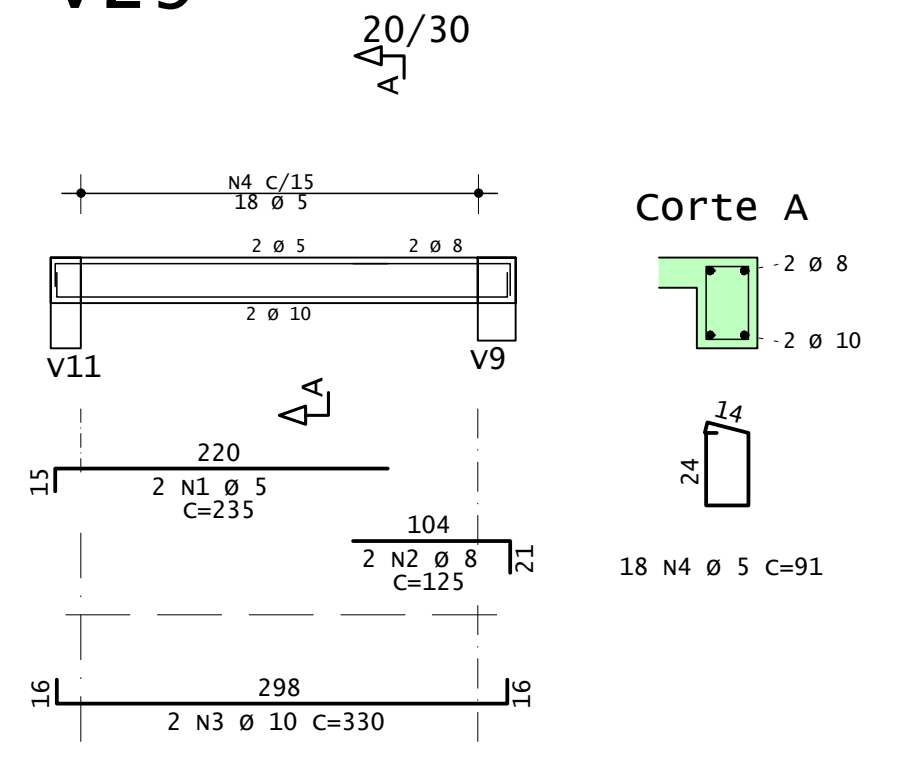
V49



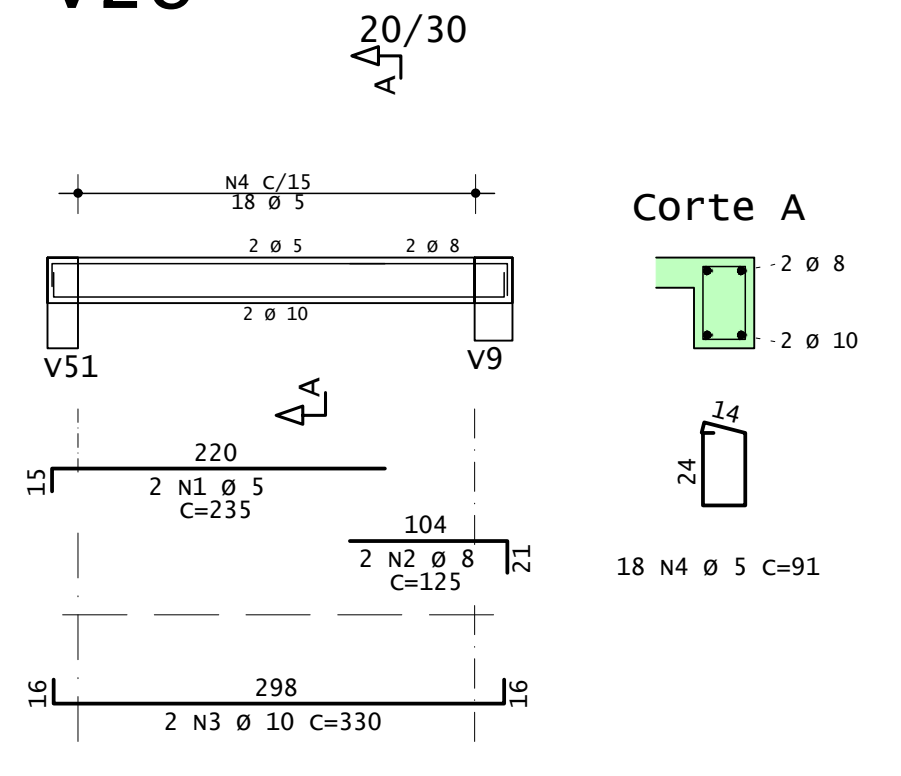
V34



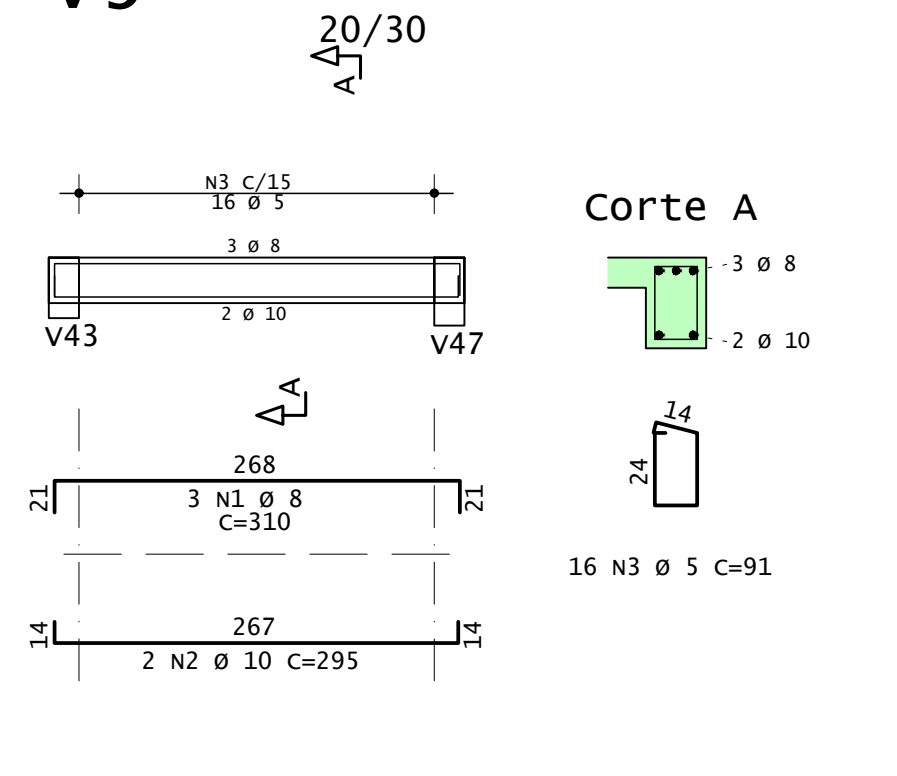
V29



V28



V5



	AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
					UNIT	TOTAL
					cm	cm
V5	50A	1	8	3	310	930
	50A	2	10	2	295	590
	60A	3	5	16	91	1456
	60A	4	5	18	91	1638
V28	60A	1	5	2	235	470
	50A	2	8	2	125	250
	50A	3	10	2	330	660
	60A	4	5	18	91	1638
V29	60A	1	5	2	235	470
	50A	2	8	2	125	250
	50A	3	10	2	330	660
	60A	4	5	18	91	1638
V34	50A	1	10	3	340	1020
	50A	2	10	2	330	660
	50A	3	10	1	195	195
	60A	4	5	18	91	1638
V44	50A	1	10	3	205	615
	50A	2	8	2	185	370
	50A	3	10	2	330	660
	60A	4	5	17	91	1547
V49	50A	1	10	3	205	615
	50A	2	8	2	185	370
	50A	3	10	2	330	660
	60A	4	5	17	91	1547

RESUMO DE AÇO				PESO
AÇO	BIT	COMPR		
60A	mm	m		kgf
60A	5	104		16
50A	8	72		9
50A	10	63		39
80A0=Total				16
80A0=Total				48

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso Comercial

CONCRETO

fck = 25 MPa

ECS = 24150 MPa

CLIENTE

OBRA

TÍTULO

V5 / V28 / V29 / V34 / V44

V49

OBRA N.º

0001

DES. N.º

015

REV. N.º

00

DATA

28/11/2021

ESCALA

1:50

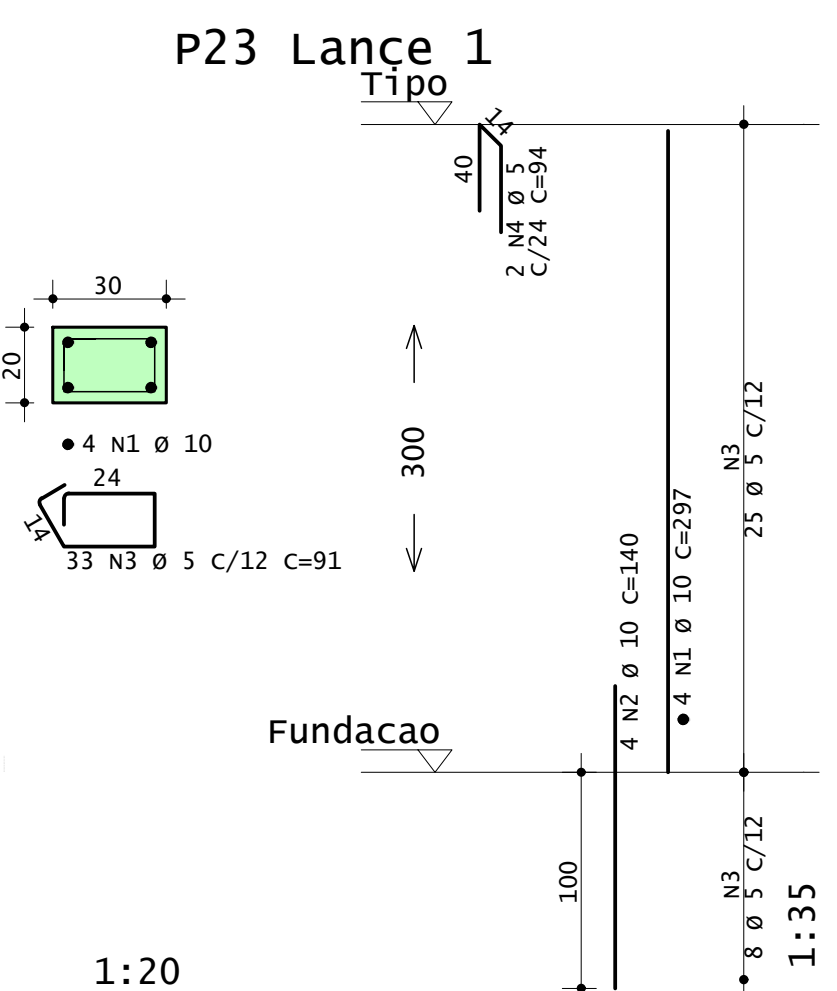
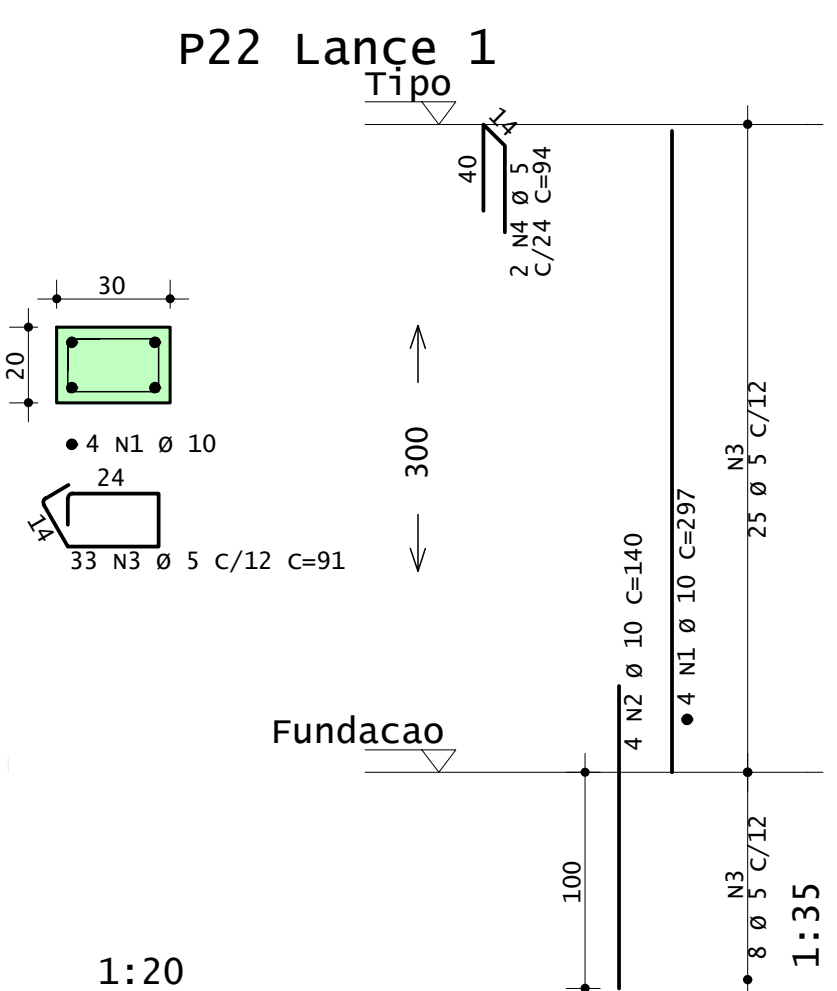
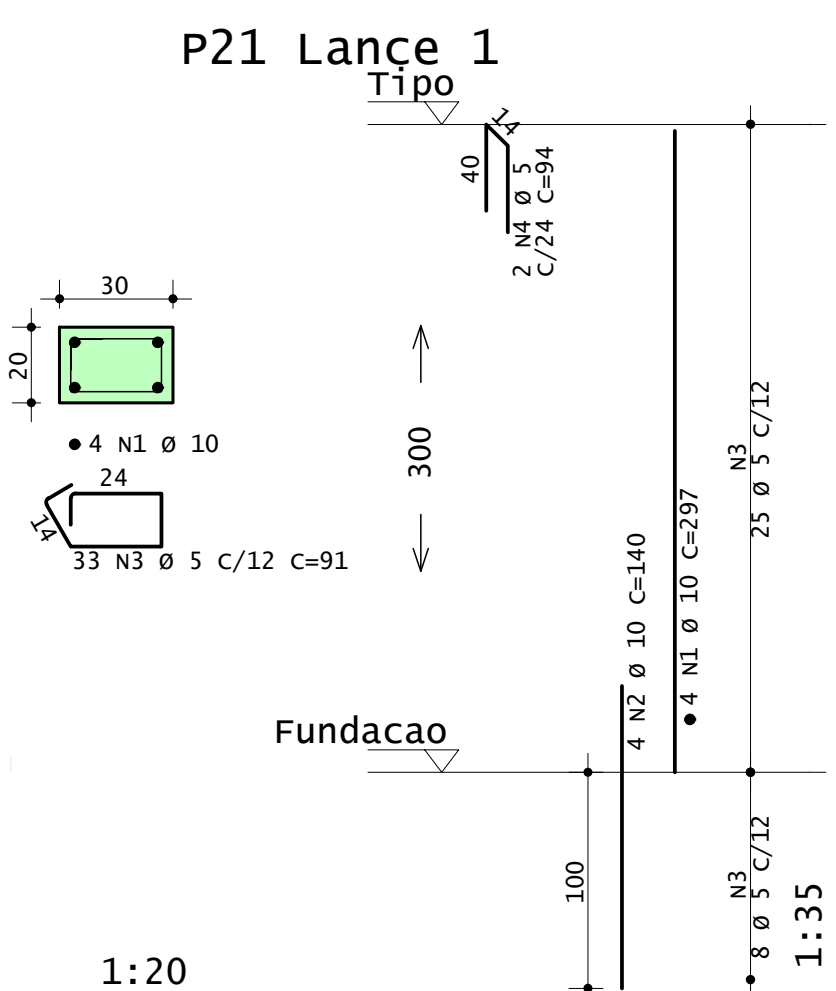
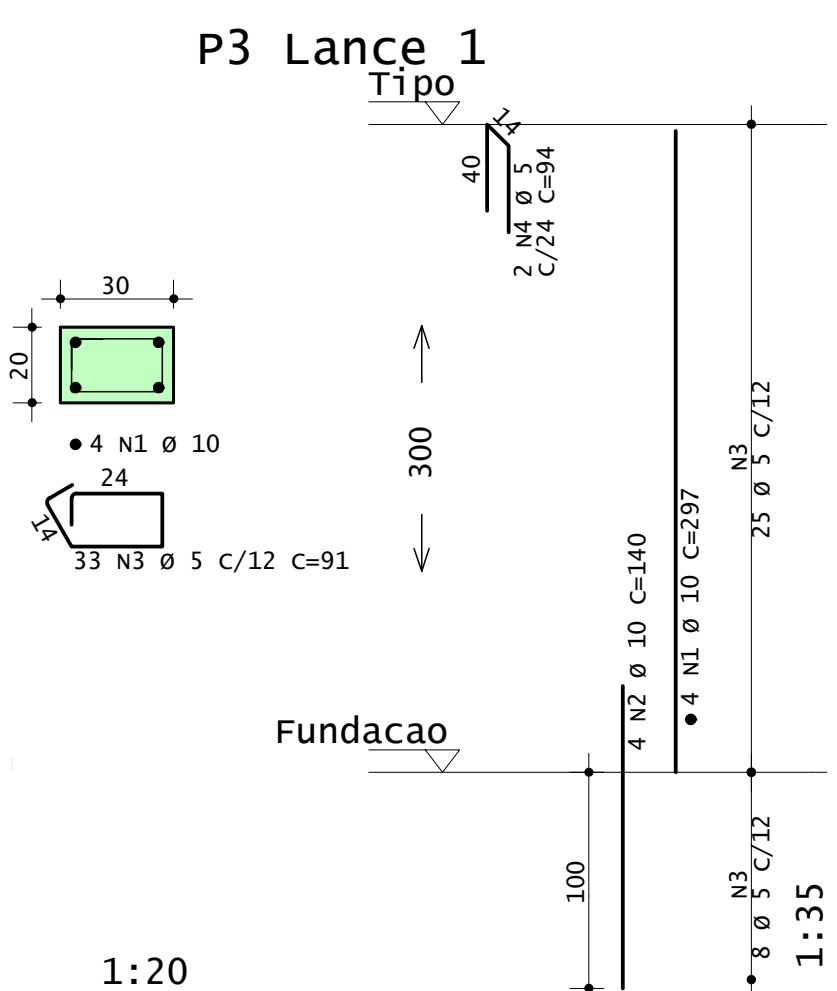
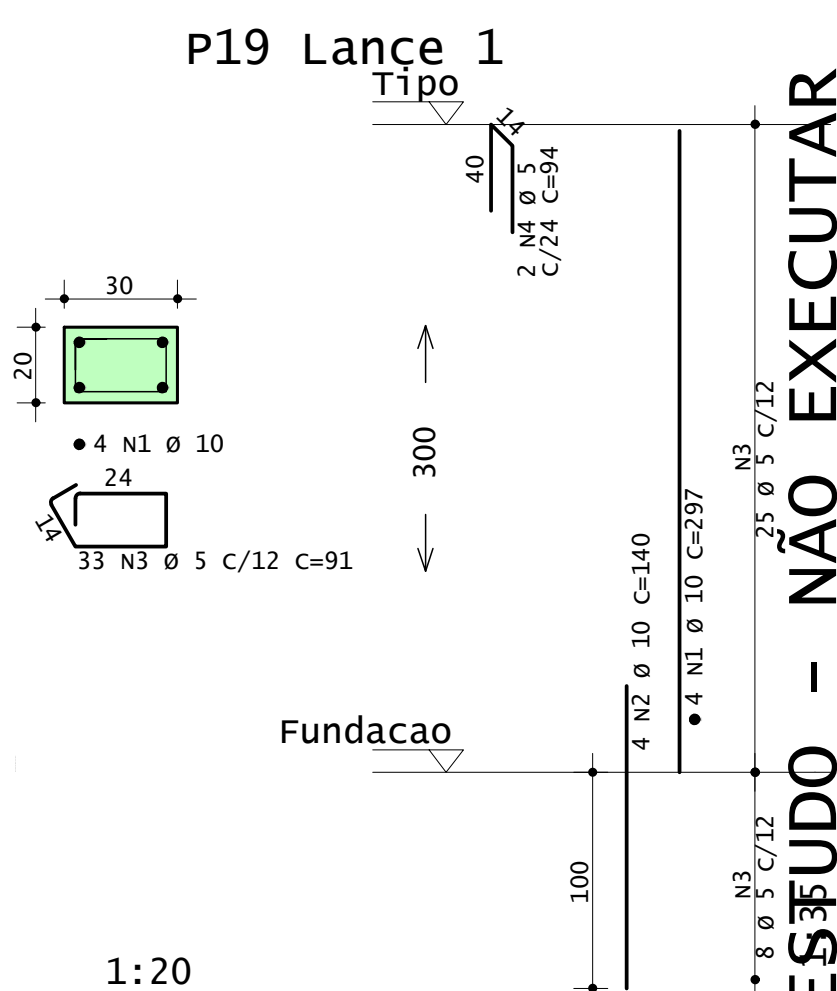
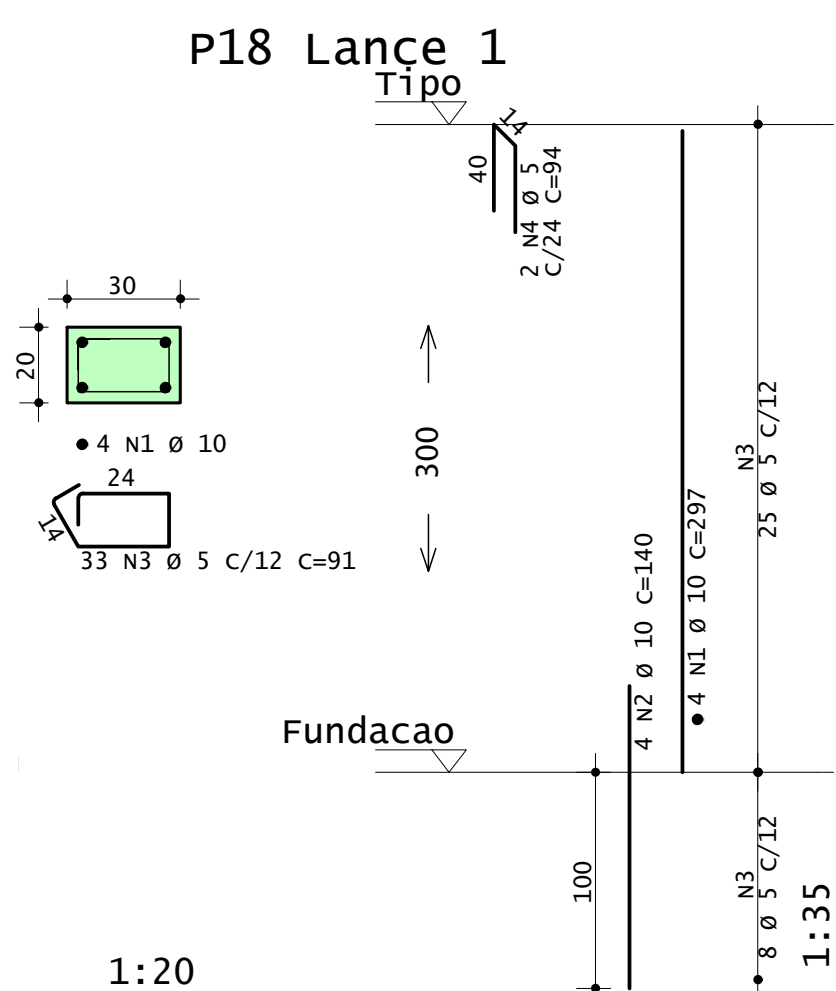
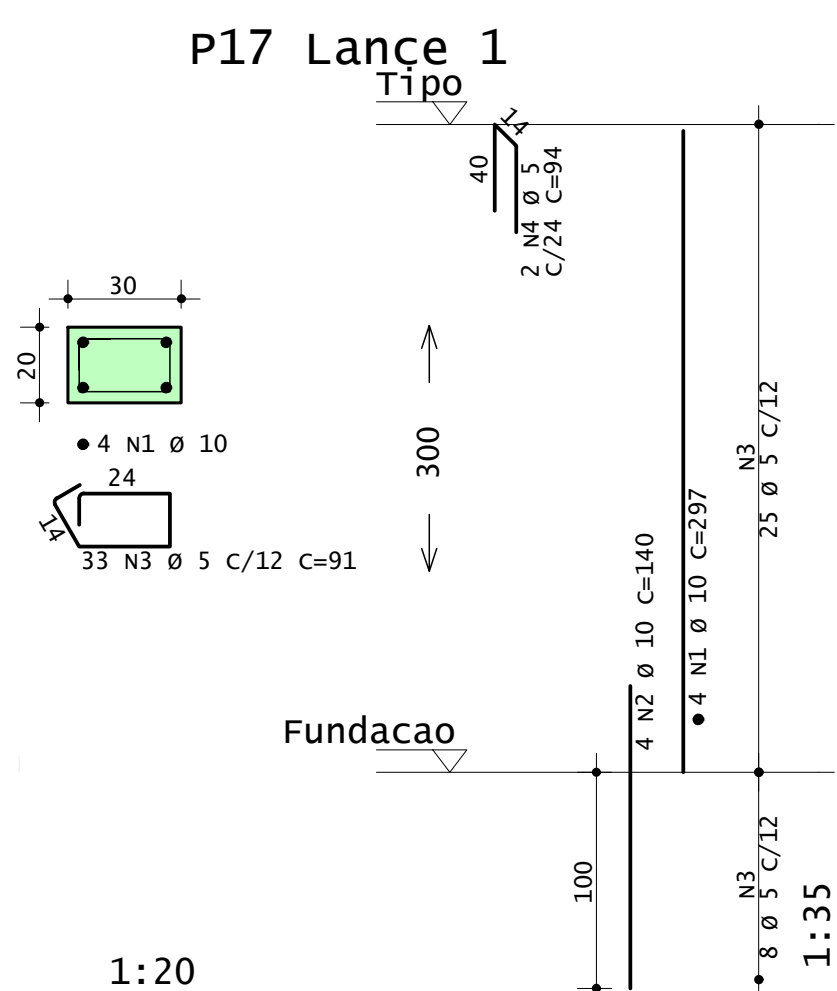
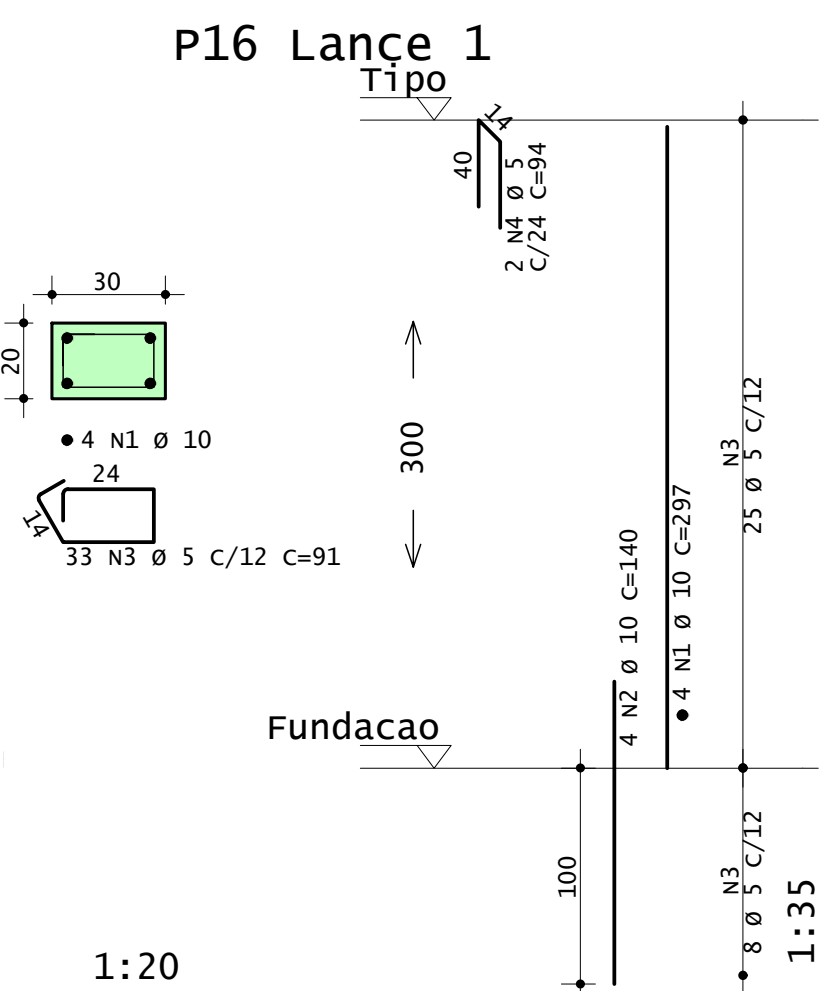
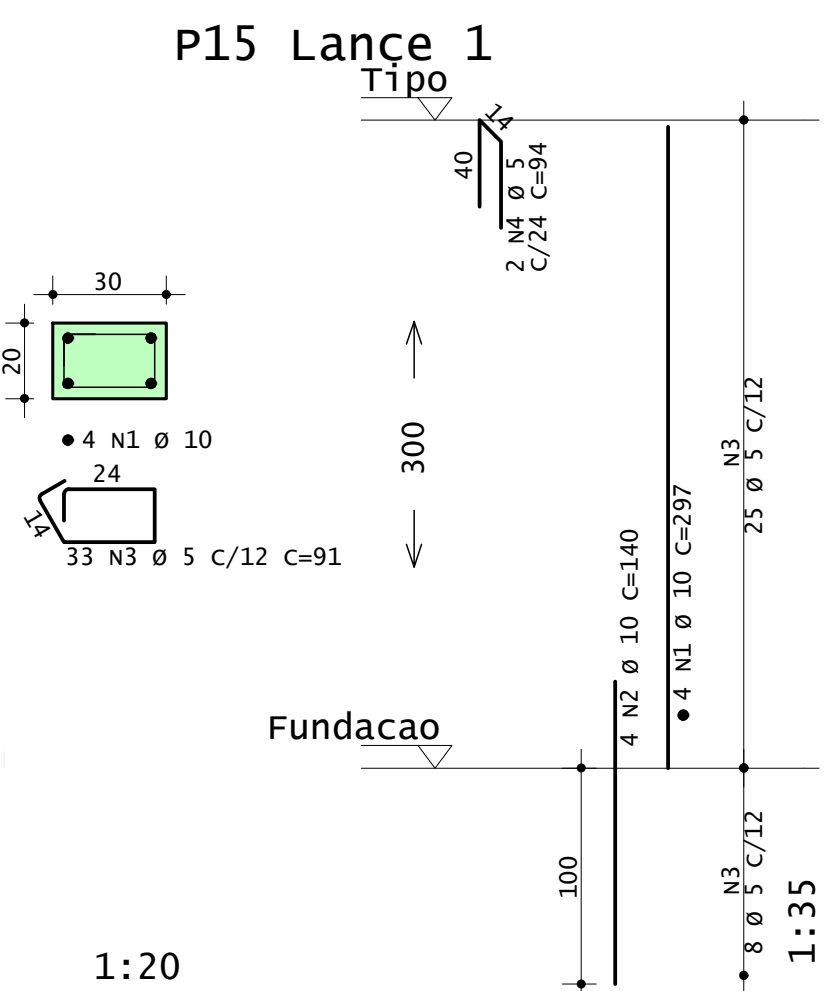
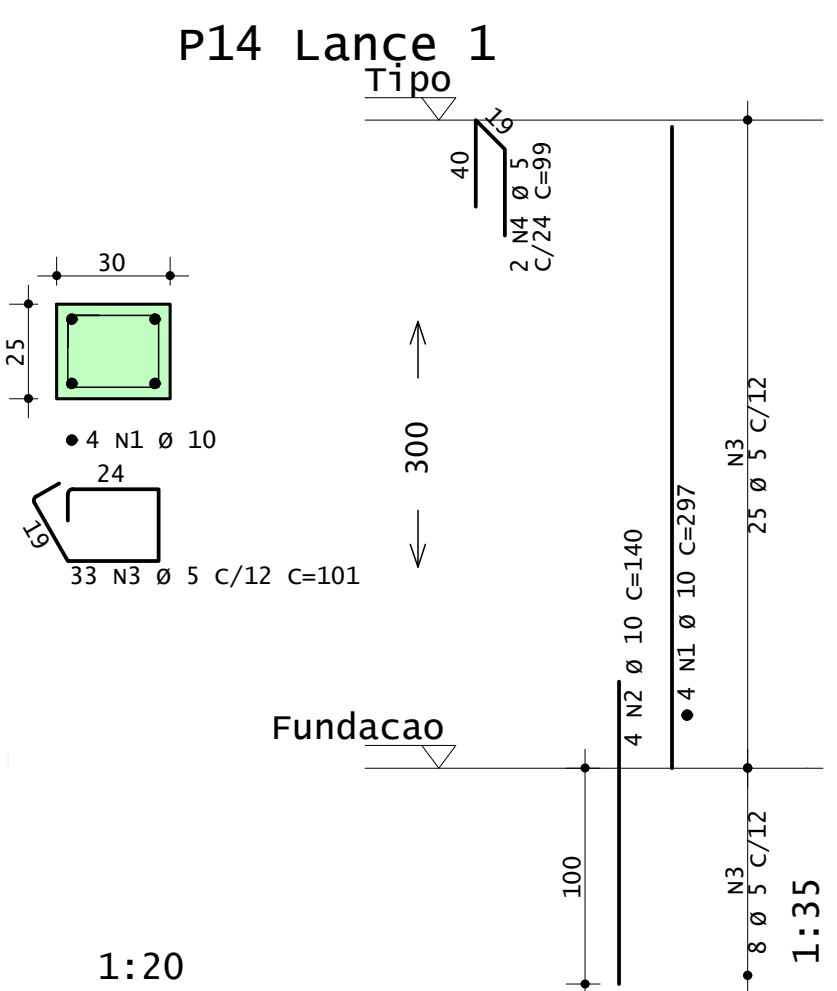
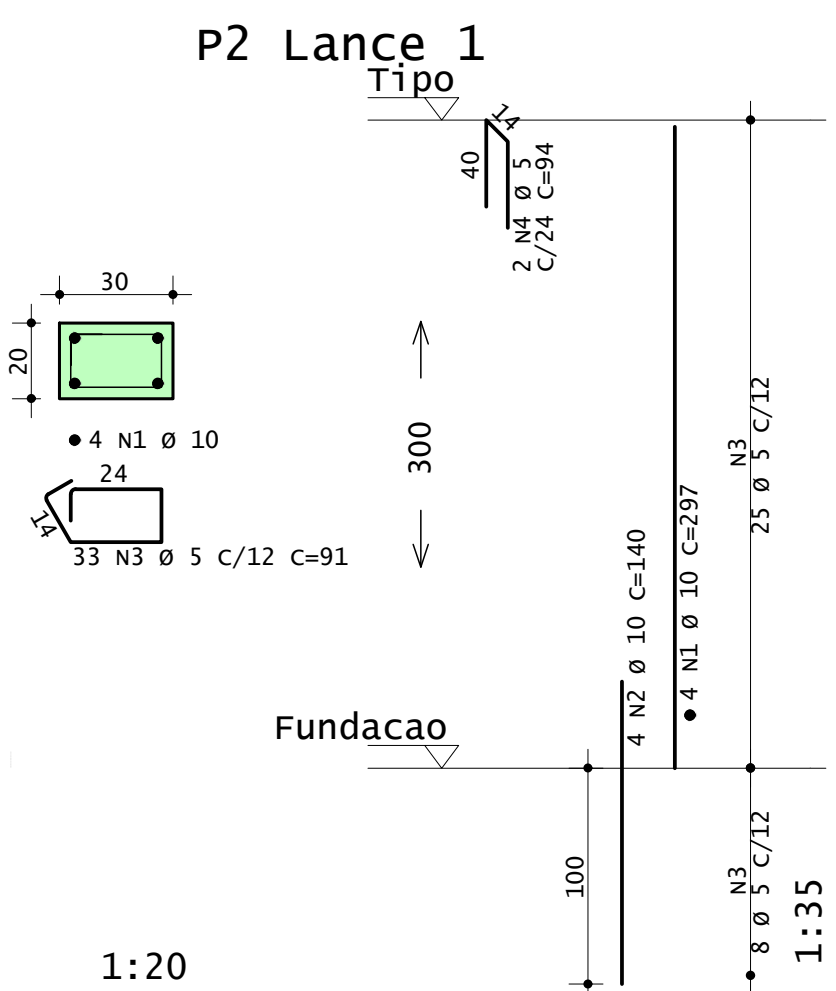
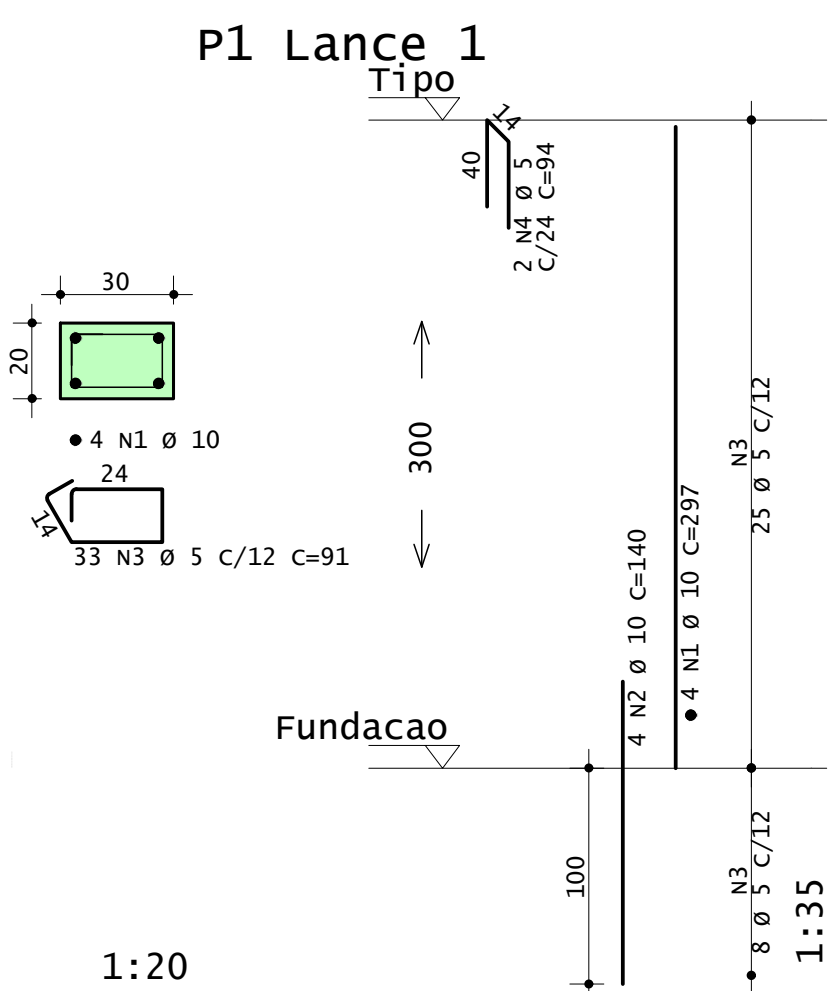
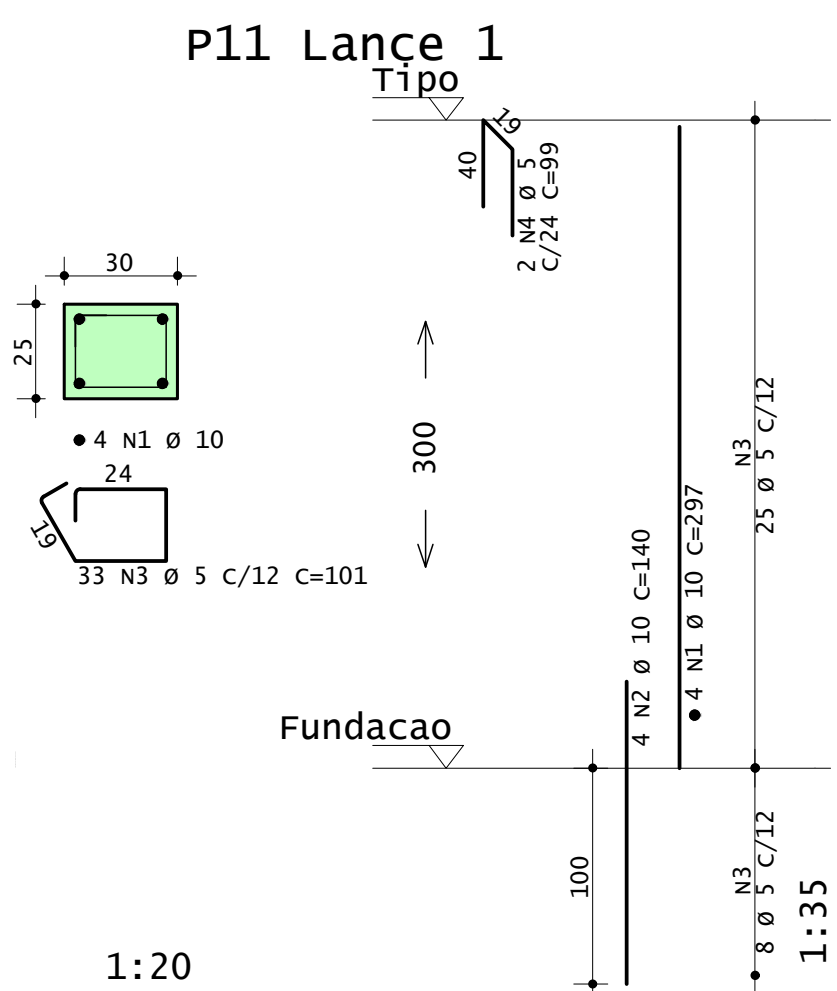
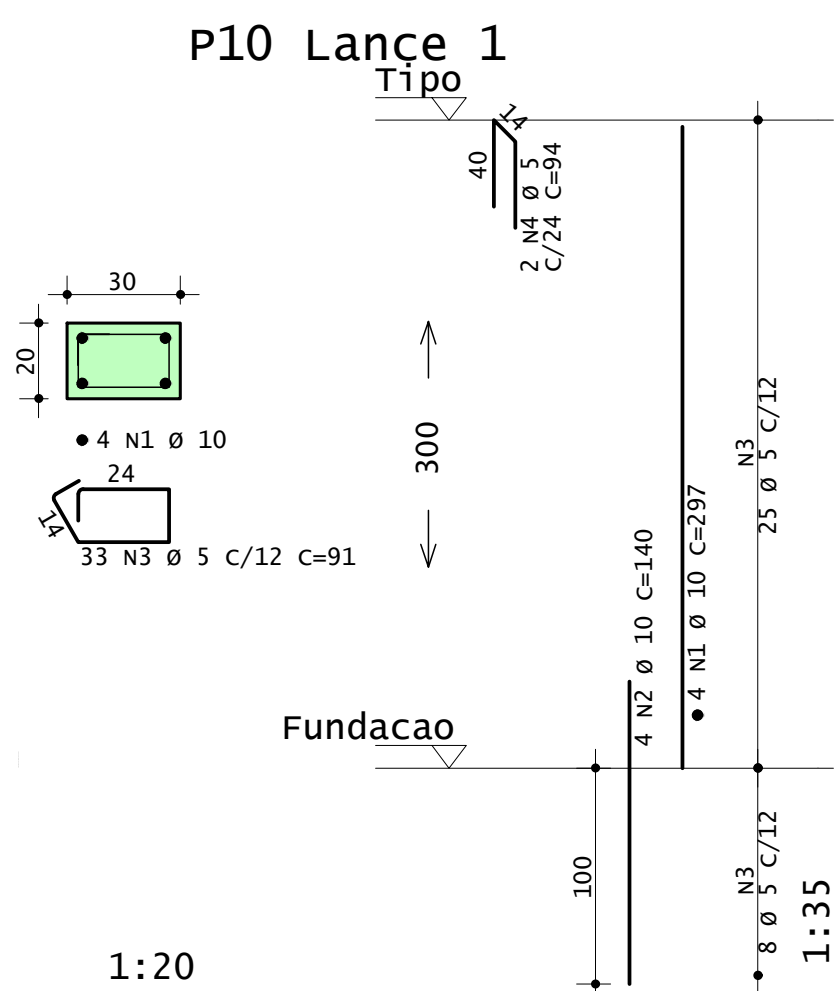
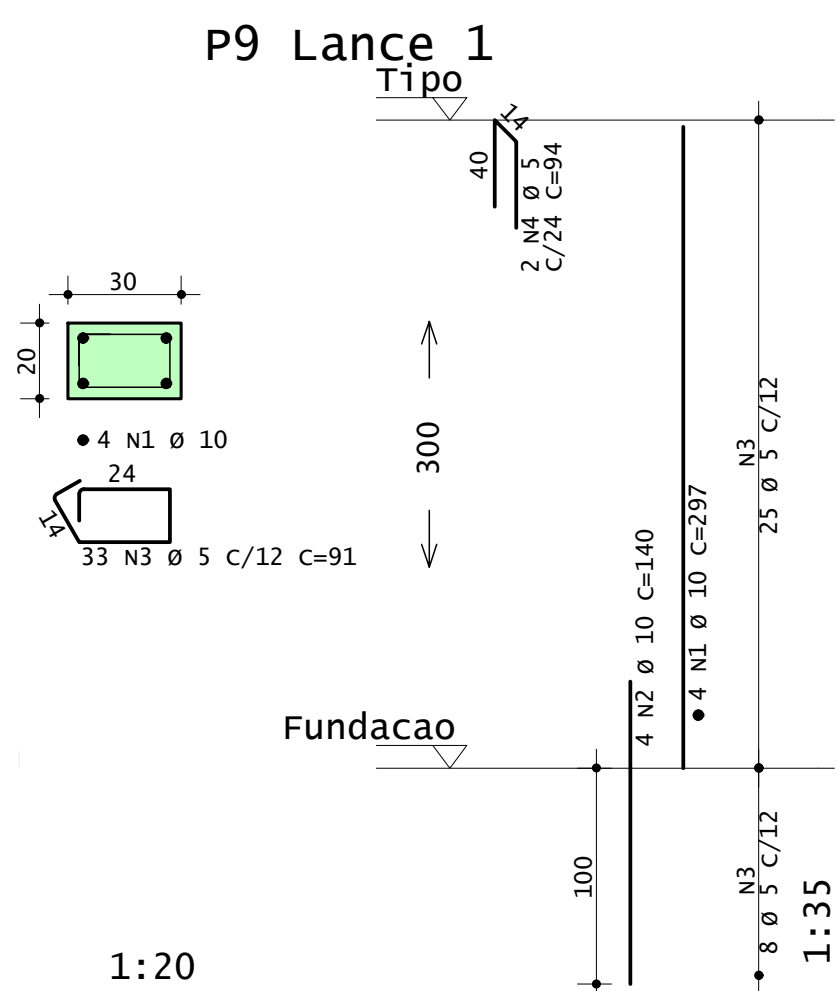
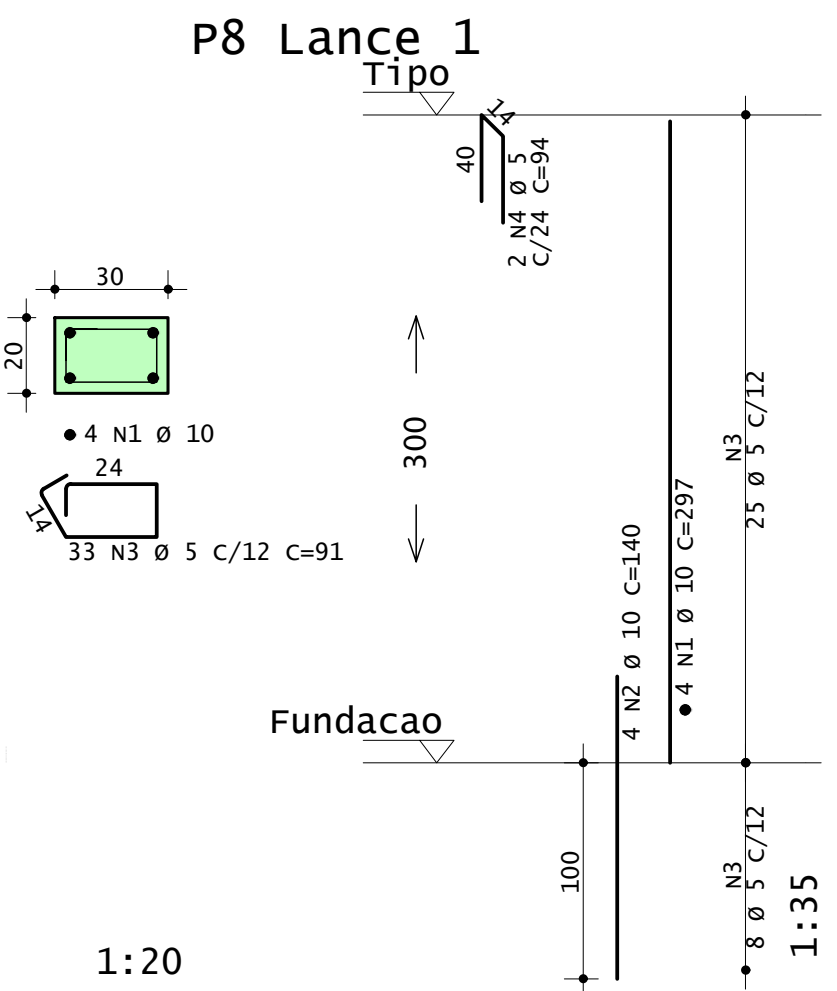
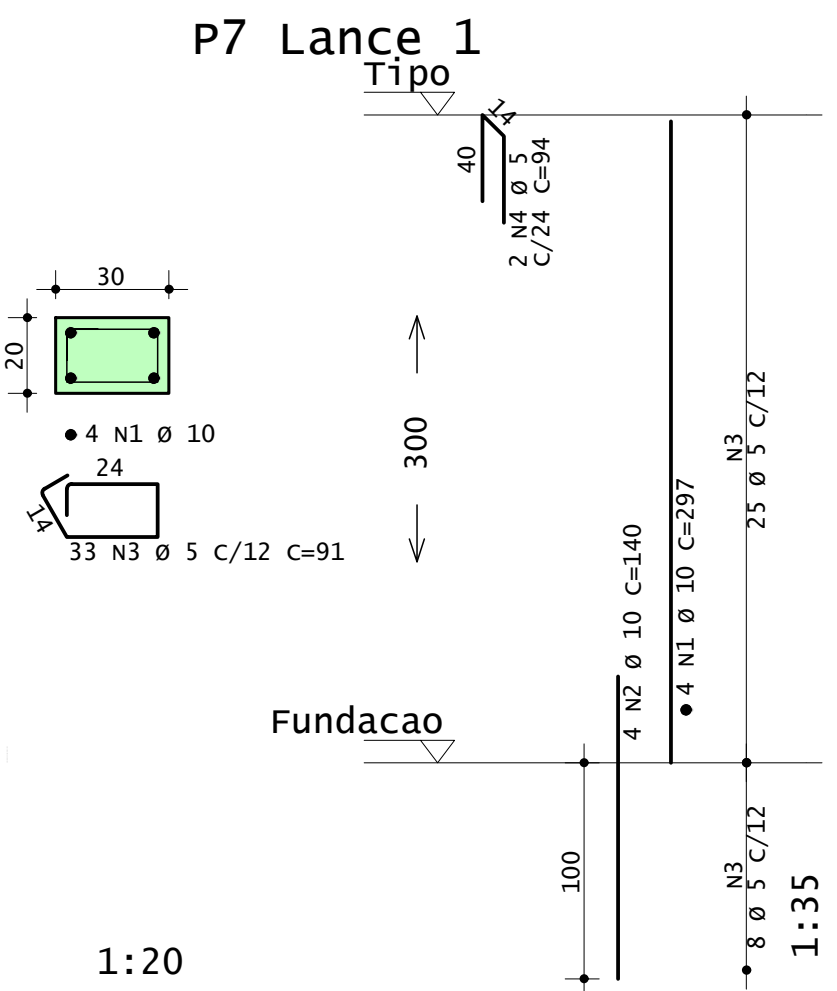
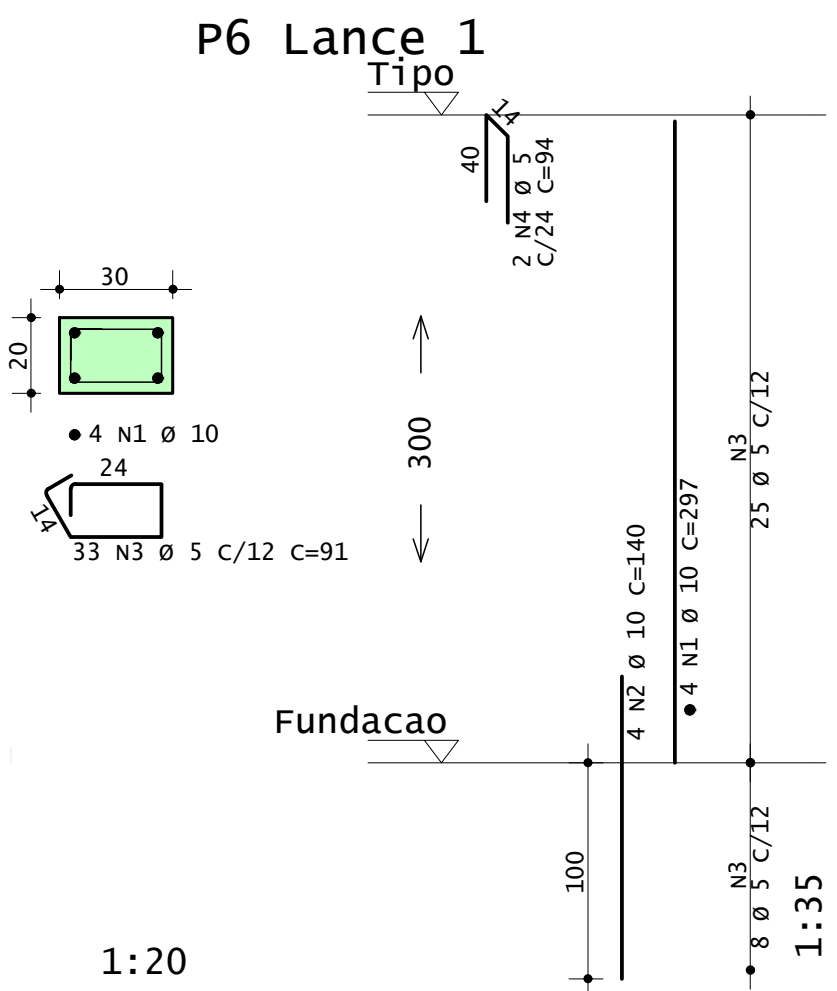
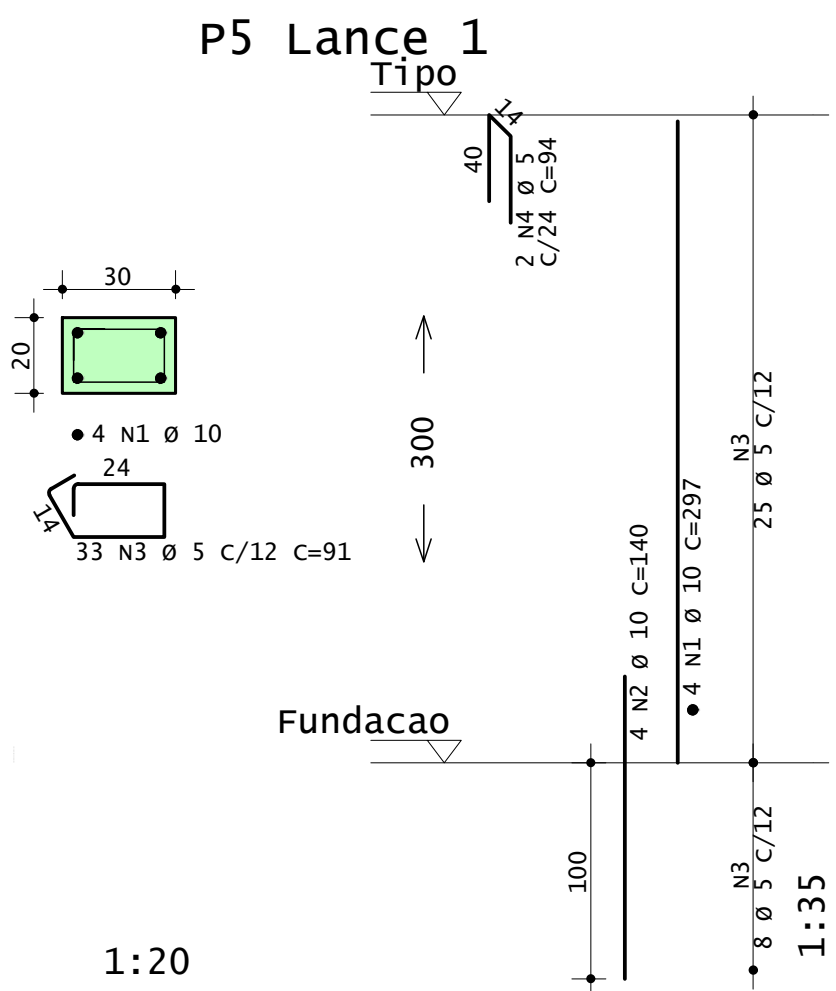
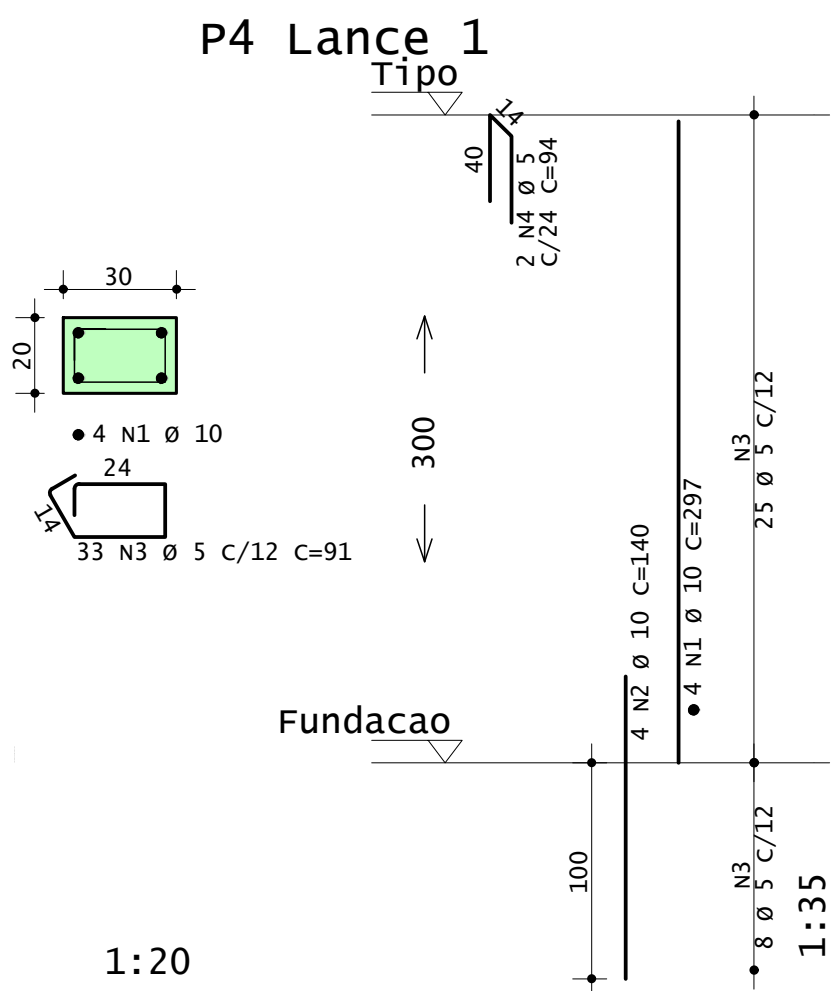
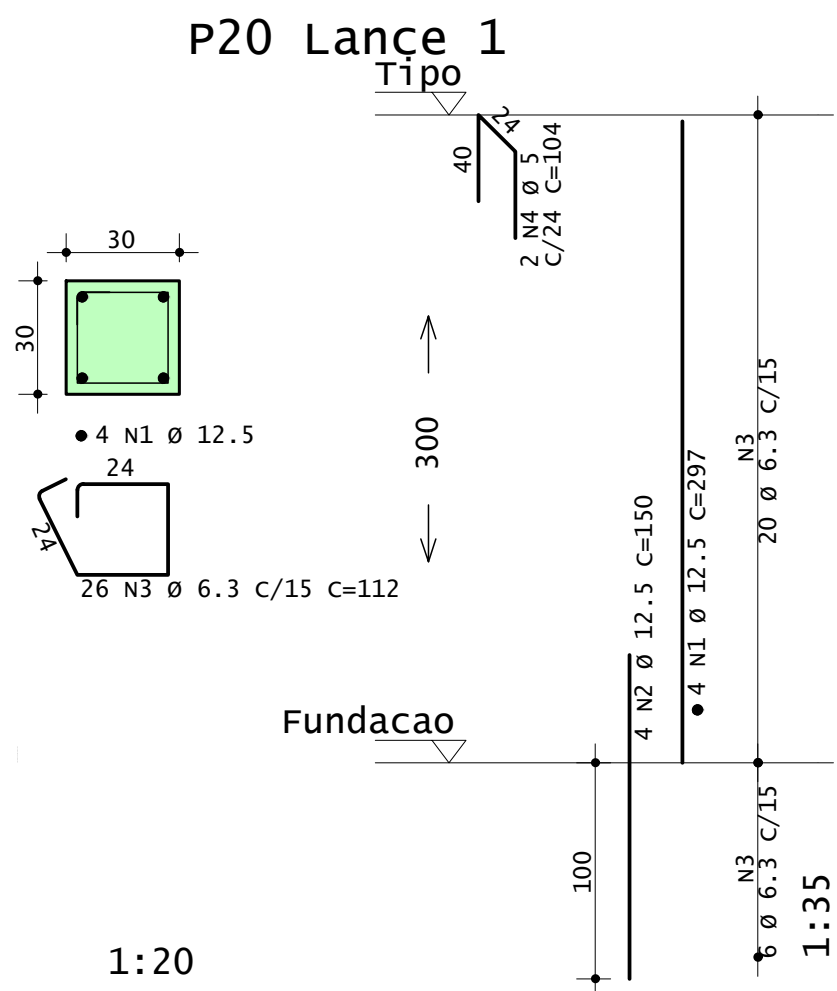
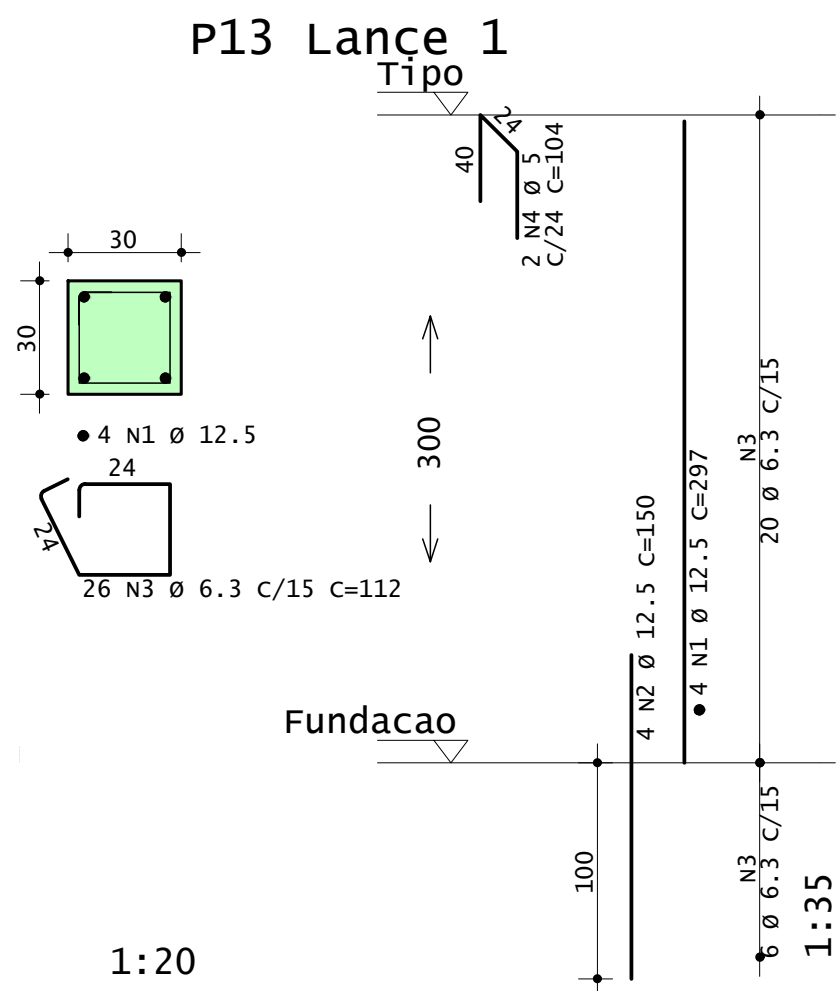
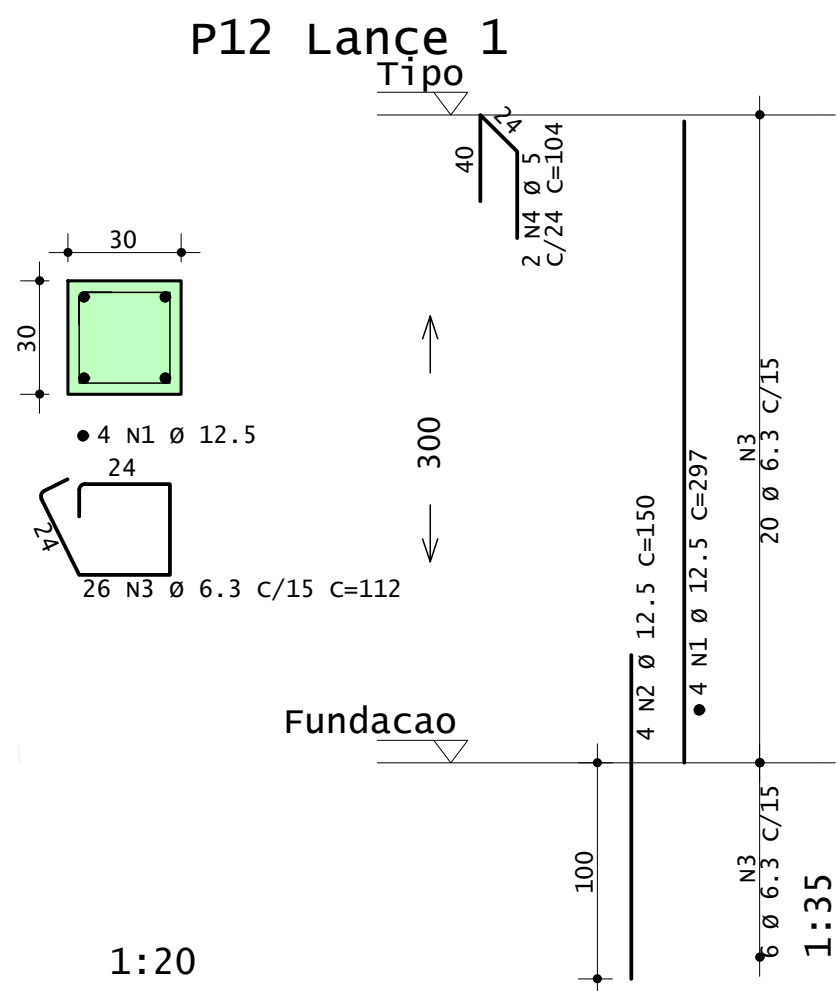
DESENHO

EDT-TTP-VTG-015-R00

COORD.

ENG.º





AÇO	POS	BIT	QUANT	COMPRIMENTO	
				UNIT	TOTAL
	mm			cm	cm
P1 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P2 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P3 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P4 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P5 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P6 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P7 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P8 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P9 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P10 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P11 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P12 Lance 1					
50A	1	12.5	4	297	1188
50A	2	12.5	4	150	600
50A	3	6.3	26	112	2912
50A	4	5	2	104	208
P13 Lance 1					
50A	1	12.5	4	297	1188
50A	2	12.5	4	150	600
50A	3	6.3	26	112	2912
50A	4	5	2	104	208
P14 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P15 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P16 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P17 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P18 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P19 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P20 Lance 1					
50A	1	12.5	4	297	1188
50A	2	12.5	4	150	600
50A	3	6.3	26	112	2912
50A	4	5	2	104	208
P21 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P22 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188
P23 Lance 1					
50A	1	10	4	297	1188
50A	2	10	4	140	560
60A	3	5	33	91	3003
60A	4	5	2	94	188

RESUMO DE AÇO			
AÇO	BIT	COMPR	PESO
	mm		kgf
60A		651	100
50A	6.3	87	21
50A	10	330	216
50A	12.5	54	52
B0A0=Total			100 kgf
B0A0=Total			289 kgf

ESTUDO - NÃO EXECUTAR

Desenho produzido por versão acadêmica, proibido uso comercial

EDMCRETTO

Fck = 25 MPa

ECS = Ver norma

CLIENTE

OBRA

TÍTULO

0001

023

REV. N.º

00

22/11/2021

1:20

EDMCRETTO

EDMCRETTO

EDMCRETTO

EDMCRETTO

## **ANEXO D**

### **PRÉ-DIMENSIONAMENTO - PILARES**

Pré- dimensionamento de pilares							
Pilares	Área de Influência [m²]	Nº de pavimentos	Área mínima m²	Área mínima cm²	B	H	Área adotada
P1	3	5	0,040	400	30	13,33	400
P2	5,7	5	0,040	400	30	13,33	400
P3	5,7	5	0,040	400	30	13,33	400
P4	3	5	0,040	400	30	13,33	400
P5	4,96	5	0,040	400	30	13,33	400
P6	7,4	5	0,040	400	30	13,33	400
P7	7,4	5	0,040	400	30	13,33	400
P8	4,96	5	0,040	400	30	13,33	400
P9	5,2	5	0,040	400	30	13,33	400
P10	5,2	5	0,040	400	30	13,33	400
P11	12,6	5	0,063	630	30	21,00	630
P12	17,32	5	0,087	866	30	28,87	866
P13	17,32	5	0,087	866	30	28,87	866
P14	12,6	5	0,063	630	30	21,00	630
P15	4,46	5	0,040	400	30	13,33	400
P16	10,4	5	0,052	520	30	17,33	520
P17	10,4	5	0,052	520	30	17,33	520
P18	4,46	5	0,040	400	30	13,33	400
P19	11	5	0,055	550	30	18,33	550
P20	18	5	0,090	900	30	30,00	900
P21	11,7	5	0,059	585	30	19,50	585
P22	6,5	5	0,040	400	30	13,33	400
P23	2,65	5	0,040	400	30	13,33	400
P24	10,8	5	0,054	540	30	18,00	540
P25	17,5	5	0,088	875	30	29,17	875
P26	4,5	5	0,040	400	30	13,33	400
P27	10,4	5	0,052	520	30	17,33	520
P28	12,9	5	0,065	645	30	21,50	645
P29	11,7	5	0,059	585	30	19,50	585
P30	6,5	5	0,040	400	30	13,33	400
P31	2,65	5	0,040	400	30	13,33	400
P32	4,46	5	0,040	400	30	13,33	400
P33	10,4	5	0,052	520	30	17,33	520
P34	10,4	5	0,052	520	30	17,33	520
P35	4,46	5	0,040	400	30	13,33	400
P36	12,6	5	0,063	630	30	21,00	630
P37	17,32	5	0,087	866	30	28,87	866
P38	17,32	5	0,087	866	30	28,87	866
P39	12,6	5	0,063	630	30	21,00	630
P40	5,2	5	0,040	400	30	13,33	400
P41	5,2	5	0,040	400	30	13,33	400
P42	4,96	5	0,040	400	30	13,33	400
P43	7,4	5	0,040	400	30	13,33	400
P44	7,4	5	0,040	400	30	13,33	400
P45	4,96	5	0,040	400	30	13,33	400
P46	3	5	0,040	400	30	13,33	400
P47	5,7	5	0,040	400	30	13,33	400
P48	5,7	5	0,040	400	30	13,33	400
P49	3	5	0,040	400	30	13,33	400

Pilares			
b(cm)	Pilares	L	B
10-20	p1,p2,p3,p4,p5,p6,p7,p8,p9,p10,p15,p16, p17,p18,p19, p21,p22,p23,p24,p26,p30,p31,p32,p35,p36,p40,p41, p42,p43,p44,p45,p46,p47,p48,p49	20	30
20-25	p11,p14,p28,p36,p39	25	30
25-30	p12, p13,p20,p25,p36,p37,p38	30	30

**ANEXO E**

**PRÉ-DIMENSIONAMENTO - VIGAS**



Pré- dimensionamento de vigas											
Pavimento Tipo											
Vigas	Largura	Trecho a [ m ]	Trecho b [ m ]	Trecho c [ m ]	Trecho d [ m ]	Trecho e [ m ]	Trecho f [ m ]	Comprimento [m] [entre eixos dos apoios]	h	H [ m ]	
V1	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,36	0,40	
V2	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,36	0,40	
V3	0,20	3,00	3,75	3,00	0,00	0,00	0,00	3,75	0,38	0,40	
V4	0,20	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,55	0,26	0,30	
V5	0,20	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,55	0,26	0,30	
V6	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,36	0,40	
V7	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,36	0,40	
V8	0,25	5,55	3,75	5,55	0,00	0,00	0,00	5,55	0,56	0,60	
V9	0,25	5,40	3,75	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,54	0,55	
V10	0,25	3,75	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,54	0,55	
V11	0,20	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,07	0,25	
V11	0,20	1,30	6,05	3,75	3,75	3,60	0,00	6,05	0,61	0,40	
V12	0,20	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,45	0,45	0,45	
V13	0,20	6,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,05	0,61	0,45	
V14	0,20	4,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,45	0,45	0,45	
V15	0,20	3,60	3,75	3,75	3,75	3,60	0,00	3,75	0,38	0,40	
V16	0,25	5,40	3,75	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,54	0,55	
V17	0,25	3,75	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	5,40	0,54	0,55	
V18	0,25	5,55	3,75	5,55	0,00	0,00	0,00	5,55	0,56	0,60	
V19	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,36	0,40	
V20	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,36	0,40	
V21	0,20	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,55	0,26	0,30	
V22	0,20	2,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,55	0,26	0,30	
V23	0,20	3,00	3,75	3,00	0,00	0,00	0,00	3,75	0,38	0,40	
V24	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	3,60	0,36	0,40	
V25	0,20	3,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,60	0,36	0,40	
V26	0,20	2,85	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V27	0,20	2,70	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V28	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V29	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V30	0,20	2,80	3,30	0,00	0,00	0,00	0,00	3,30	0,33	0,30	
V31	0,20	4,20	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,45	
V32	0,20	1,35	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,45	
V33	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	2,85	0,29	0,30	
V34	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V35	0,20	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,45	
V36	0,20	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,45	
V37	0,20	4,02	4,20	2,08	3,30	4,20	4,02	4,20	0,42	0,45	
V38	0,20	4,02	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,45	
V39	0,20	4,20	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,45	
V40	0,20	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18	0,22	0,45	
V41	0,20	2,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18	0,22	0,25	
V42	0,20	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	0,40	0,45	
V43	0,20	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,02	0,40	0,40	
V44	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,40	
V45	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V46	0,20	4,20	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,30	
V47	0,20	1,35	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	4,20	0,42	0,45	
V48	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,45	
V49	0,20	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V50	0,20	2,85	2,70	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	
V51	0,20	2,70	2,85	0,00	0,00	0,00	0,00	2,85	0,29	0,30	

**ANEXO F**

**PRÉ-DIMENSIONAMENTO - LAJES**

Pré-Dimensionamento Laje					
Laje	Ly [ m ]	Lx [ m ]	Ly/Lx [ m ]	Direções	h (altura pré dimensionamento) [ cm ]
L1	3,6	2,85	1,26	Armada em 2 direções	7,13
L2	4,02	3	1,34	Armada em 2 direções	7,50
L3	4,02	3,75	1,07	Armada em 2 direções	9,38
L4	4,02	3	1,34	Armada em 2 direções	7,50
L5	3,6	2,85	0,79	Armada em 2 direções	7,13
L6	3,1	2,55	0,82	Armada em 2 direções	6,38
L7	3,1	2,55	0,82	Armada em 2 direções	6,38
L8	3,6	2,7	1,33	Armada em 2 direções	6,75
L9	3,6	2,7	1,33	Armada em 2 direções	6,75
L10	5,55	1,35	4,11	Armada em 1 direção	3,38
L11	4,2	3,75	1,12	Armada em 2 direções	9,38
L12	5,55	1,35	4,11	Armada em 1 direção	3,38
L13	3,6	2,85	1,26	Armada em 2 direções	7,13
L14	3,75	2,85	1,32	Armada em 2 direções	7,13
L15	3,75	2,85	1,32	Armada em 2 direções	7,13
L16	3,6	2,85	1,26	Armada em 2 direções	7,13
L17	6,4	2,17	2,95	Armada em 1 direção	5,43
L18	4,43	1,75	2,53	Armada em 1 direção	4,38
L19	7,35	3,8	1,93	Armada em 2 direções	9,50
L20	6,4	2,18	2,94	Armada em 1 direção	5,45
L21	3,6	2,85	1,26	Armada em 2 direções	7,13
L22	3,75	2,85	1,32	Armada em 2 direções	7,13
L23	4,25	3,75	1,13	Armada em 2 direções	9,38
L24	3,75	2,85	1,32	Armada em 2 direções	7,13
L25	3,6	2,85	1,26	Armada em 2 direções	7,13
L26	3,6	2,7	1,33	Armada em 2 direções	6,75
L27	5,55	1,35	4,11	Armada em 1 direção	3,38
L28	5,55	1,35	4,11	Armada em 1 direção	3,38
L29	3,6	2,7	1,33	Armada em 2 direções	6,75
L30	3,1	2,55	1,22	Armada em 2 direções	6,38
L31	4,2	3	1,40	Armada em 2 direções	7,50
L32	4,2	3,75	1,12	Armada em 2 direções	9,38
L33	4,2	3	1,40	Armada em 2 direções	7,50
L34	3,1	2,55	1,22	Armada em 2 direções	6,38
L35	3,6	2,85	1,26	Armada em 2 direções	7,13
L36	3,6	2,85	1,26	Armada em 2 direções	7,13

**ANEXO G**  
**ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

CARTA DE SUSCETIBILIDADE A  
MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS  
DE MASSA E INUNDAÇÃO

Equações Intensidade-Duração-Frequência

Município: Três Rios

Estação Pluviométrica: Moura Brasil

Código ANA: 02243015

 **CPRM**  
Serviço Geológico do Brasil



**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA  
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL  
CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL**

**PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL  
LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE**

**CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS  
GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO**

**ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

**EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA  
(Desagregação de Precipitações Diárias)**

**Município: Três Rios - RJ**

**Estação Pluviométrica: Moura Brasil  
Código: 02243015**

**GOIÂNIA  
2016**

PROGRAMA GEOLOGIA DO BRASIL

LEVANTAMENTO DA GEODIVERSIDADE

CARTAS MUNICIPAIS DE SUSCETIBILIDADE  
A MOVIMENTOS DE MASSA E INUNDAÇÃO

ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

EQUAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA  
(Desagregação de Precipitações Diárias)

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência de Goiânia

Copyright @ 2016 CPRM - Superintendência Regional de Goiânia  
Rua 148, 485 – Setor Marista  
Goiânia - GO - 74.170-110  
Telefone: (62) 3240-1100  
Fax: (62) 3240-1417  
<http://www.cprm.gov.br>

Ficha Catalográfica

**Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM**

Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Três Rios/RJ. Estação Pluviométrica: Moura Brasil, Código 02243015. Albert Teixeira Cardoso, Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto – Goiânia: CPRM, 2016.

12p.; anexos (Série Atlas Pluviométrico do Brasil)

1. Hidrologia 2. Pluviometria 3. Equações IDF 4. I - Título II – CARDOSO, A. T.; PICKBRENNER, K.; PINTO, E. J. A.

CDU : 556.51

**Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil**

É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**MINISTRO DE ESTADO**

Carlos Eduardo de Souza Braga

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Luiz Eduardo Barata

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E  
TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS SERVIÇO  
GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Carlos Nogueira da Costa Junior

**Vice-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Conselheiros**

Ladice Peixoto

Demetrius Ferreira e Cruz

Jarbas Raimundo de Aldano Matos

Janaina Gomes Pires da Silva

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Manoel Barreto da Rocha Neto

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Stênio Petrovich Pereira

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Roberto Ventura Santos

**Diretor de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

Antônio Carlos Bacelar Nunes

**Diretor de Administração e Finanças**

Eduardo Santa Helena



## **SUPERINTENDÊNCIA DE GOIÂNIA**

*Luiz Fernando Magalhães*  
**Superintendente**

*Cíntia de Lima Vilas Boas*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Luciana Felício Pereira*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Sheila Soraya Alves Knust*  
**Gerente de Relações Institucionais e Desenvolvimento**

*Marcelo Henrique da Silva Rosa*  
**Gerente de Administração e Finanças**

## **PROJETO ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL**

### **Departamento de Hidrologia**

Frederico Cláudio Peixinho

### **Departamento de Gestão Territorial**

Jorge Pimentel

### **Divisão de Hidrologia Aplicada**

Adriana Dantas Medeiros

Achiles Monteiro (*In memoriam*)

### **Coordenação Executiva do DEHID – Atlas Pluviométrico**

Eber José de Andrade Pinto

### **Coordenação do Projeto Cartas Municipais de Suscetibilidade**

Marlon Colombo Hoelzel

### **Coordenadores Regionais do Projeto Atlas Pluviométrico**

José Alexandre Moreira Farias-REFO

Karine Pickbrenner-Sureg/PA

### **Equipe Executora**

Adriana Burin Weschenfelder - Sureg/PA

Albert Teixeira Cardoso – Sureg/GO

Caluan Rodrigues Capozzoli – Sureg/ SP

Catharina Ramos dos Prazeres Campos – Sureg/BE

Jean Ricardo da Silva do Nascimento - RETE

Luana Késsia Lucas Alves Martins – Sureg/BH

Osvalcélio Mercês Furtunato - Sureg/AS

**Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento- Sureg/BH

**Apoio Técnico**

Augusto Cezar Gessi Caneppele – Sureg/PA

Betânia Rodrigues dos Santos– Sureg/GO

Celina Monteiro - Sureg/BE

Danielle Cutolo - Sureg/SP

Douglas Sanches Soller – Sureg/PA

Edna Alves Balthazar - Sureg/SP

Eliamara Soares Silva– RETE

Priscila Nishihara Leo - Sureg/SP

## APRESENTAÇÃO

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional.

Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se, a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF). Essas relações serão estabelecidas para os pontos da rede hidrometeorológica nacional que dispõe de registros contínuos de chuva, ou seja, estações equipadas com pluviógrafos ou estações automáticas.

Entretanto, em localidades nas quais existem somente pluviômetros, ou seja, não existem registros contínuos das precipitações, obtidos com pluviógrafos ou estações automáticas, as relações IDF serão estabelecidas a partir da desagregação das precipitações máximas diárias.

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

Na definição das relações IDF foram priorizados os municípios onde serão mapeadas, pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, as áreas suscetíveis a movimentos de massa e enchentes.

Este relatório, que acompanhará a carta municipal de suscetibilidade, apresenta a equação IDF estabelecida para o município de Três Rios/RJ onde foram utilizados os registros de precipitações diárias máximas por ano hidrológico da estação pluviométrica Moura Brasil, código 02243015.

## 1 – INTRODUÇÃO

A equação definida pode ser utilizada no município de Três Rios/RJ.

O município de Três Rios está localizado na região central do estado do Rio de Janeiro, na divisa com o estado de Minas Gerais, está inserido na sub-bacia do Rio Paraíba do Sul. Três Rios faz fronteira com os municípios de Sapucaia, São José do Vale do Rio Preto, Areal, Paraíba do Sul e Comendador Levy Gasparian, no estado do Rio de Janeiro, e com o município de Chiador, em Minas Gerais. O município possui uma área de 326.757 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e o distrito sede localiza-se a uma altitude aproximada de 329 metros do nível do mar. A população de Três Rios, segundo IBGE (2010), é de 77.432 habitantes.

A estação Moura Brasil, código 02243015, está localizada na Latitude 22°08'15.5"S e Longitude 043°09'33.25"O. A estação pluviométrica encontra-se em atividade desde 1936, sendo operada pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM. A Figura 01 apresenta a localização do município e da estação.

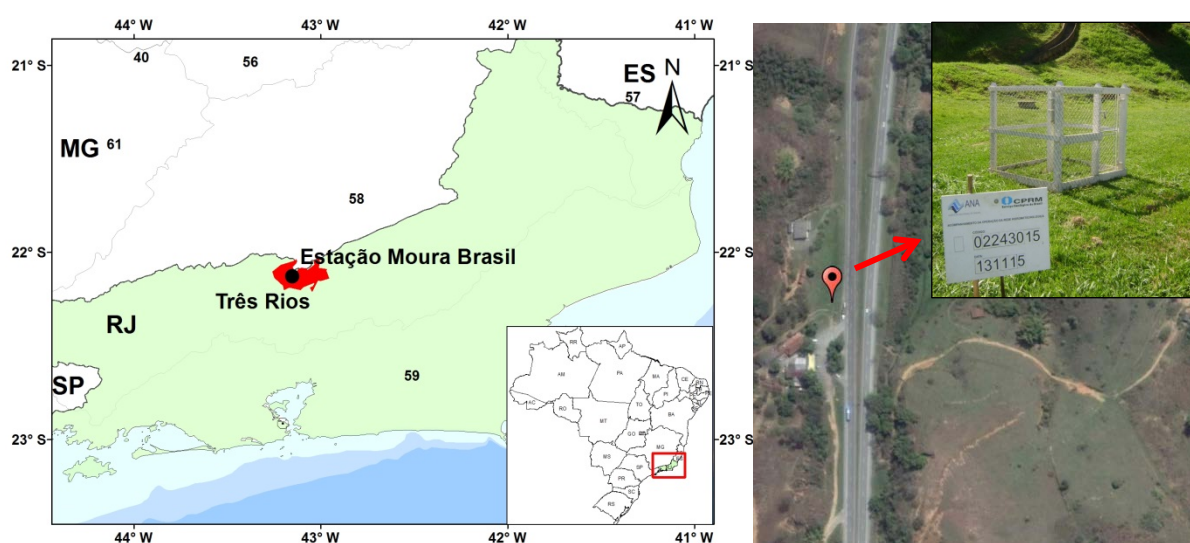


Figura 01 – Localização do Município e da Estação Pluviométrica (Fonte: Google Earth, 2016).

## 2 - EQUAÇÃO

A metodologia para definição da equação por desagregação das precipitações diárias está descrita em detalhes em Pinto (2013). Na definição da equação Intensidade-Duração-Frequência da estação Moura Brasil, código 02243015, foi utilizada a série de precipitações diárias máximas por ano hidrológico apresentada no Anexo I. A distribuição de frequência ajustada aos dados diários foi a Logística Generalizada, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L.

A desagregação dos quantis diários em outras durações foi efetuada com as relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações de IDF estabelecidas pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM (CAPOZZOLI; PICKBRENNER; PINTO, 2016) para o município de Rio das Flores/RJ. As relações entre as alturas de chuvas de diferentes durações constam do Anexo II. A Figura 02 apresenta as curvas ajustadas.

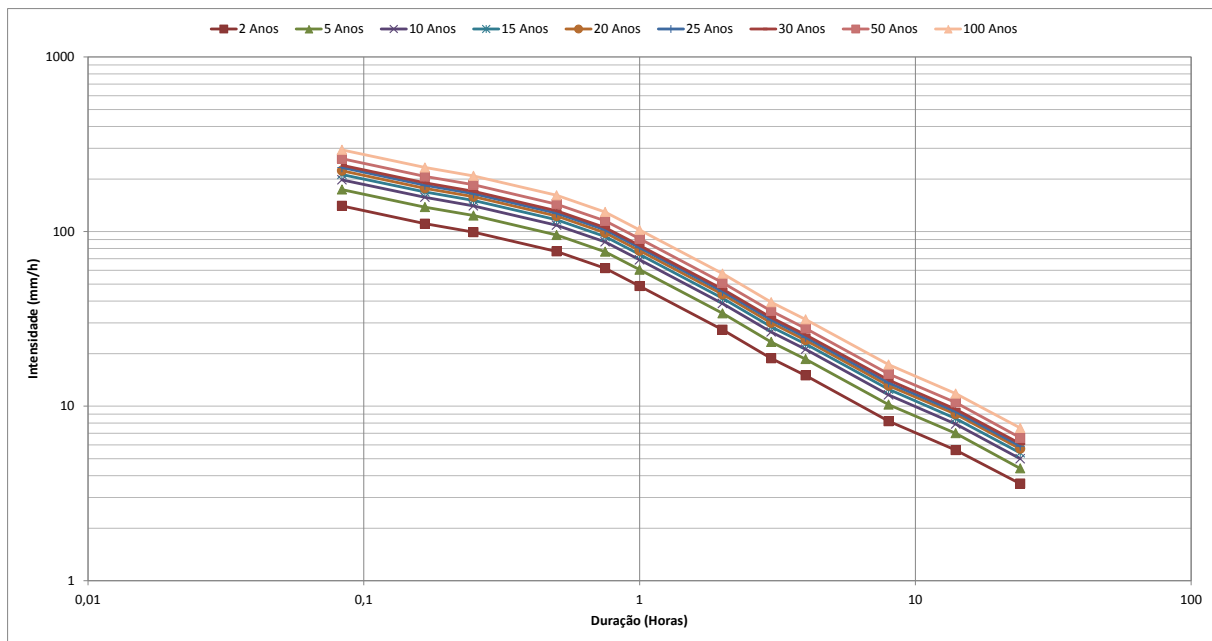


Figura 02 – Curvas intensidade-duração-frequência

A equação adotada para representar a família de curvas da Figura 02 é do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \quad (01)$$

Onde:

$i$  é a intensidade da chuva (mm/h)

$T$  é o tempo de retorno (anos)

$t$  é a duração da precipitação (minutos)

$a, b, c, d$  são parâmetros da equação

No caso de Moura Brasil, os parâmetros das equações IDF são os seguintes:

$$5\text{min} \leq t \leq 24\text{h}$$

$$a = 2085,0; b = 0,1877; c = 17,3 \text{ e } d = 0,8976;$$

$$i = \frac{2085,0T^{0,1877}}{(t+17,3)^{0,8976}} \quad (02)$$

As equações acima são válidas para tempos de retorno de até 100 anos. A Tabela 01 apresenta as intensidades, em mm/h, calculadas para várias durações e diferentes tempos de retorno. Enquanto que na Tabela 02 constam as respectivas alturas de chuva, em mm, para as mesmas durações e os mesmos tempos de retorno.

**Tabela 01 – Intensidade da chuva em mm/h.**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	146,3	173,8	198,0	213,6	225,5	235,1	256,8	267,8	277,1	288,9	299,0	305,0
10 Minutos	122,0	144,9	165,1	178,1	188,0	196,1	214,1	223,3	231,1	241,0	249,4	254,3
15 Minutos	104,9	124,6	142,0	153,2	161,7	168,6	184,1	192,0	198,7	207,2	214,4	218,7
20 Minutos	92,2	109,5	124,7	134,6	142,1	148,2	161,8	168,7	174,6	182,1	188,4	192,2
30 Minutos	74,5	88,5	100,8	108,8	114,8	119,7	130,8	136,3	141,1	147,1	152,3	155,3
45 Minutos	58,2	69,1	78,7	84,9	89,7	93,5	102,1	106,5	110,2	114,9	118,9	121,3
1 Horas	47,9	56,9	64,9	70,0	73,9	77,0	84,1	87,7	90,8	94,7	98,0	99,9
2 Horas	28,6	34,0	38,7	41,8	44,1	46,0	50,2	52,4	54,2	56,5	58,5	59,7
3 Horas	20,7	24,6	28,0	30,2	31,9	33,2	36,3	37,8	39,2	40,8	42,2	43,1
4 Horas	16,3	19,4	22,0	23,8	25,1	26,2	28,6	29,8	30,8	32,2	33,3	34,0
5 Horas	13,5	16,0	18,3	19,7	20,8	21,7	23,7	24,7	25,6	26,7	27,6	28,1
6 Horas	11,6	13,7	15,6	16,9	17,8	18,6	20,3	21,1	21,9	22,8	23,6	24,1
7 Horas	10,1	12,0	13,7	14,8	15,6	16,3	17,8	18,5	19,2	20,0	20,7	21,1
8 Horas	9,0	10,7	12,2	13,2	13,9	14,5	15,8	16,5	17,1	17,8	18,4	18,8
12 Horas	6,3	7,5	8,6	9,2	9,8	10,2	11,1	11,6	12,0	12,5	12,9	13,2
14 Horas	5,5	6,6	7,5	8,1	8,5	8,9	9,7	10,1	10,5	10,9	11,3	11,5
20 Horas	4,0	4,8	5,5	5,9	6,2	6,5	7,1	7,4	7,6	8,0	8,3	8,4
24 Horas	3,4	4,1	4,6	5,0	5,3	5,5	6,0	6,3	6,5	6,8	7,0	7,2

**Tabela 02 – Altura de chuva em mm**

Duração da Chuva	Tempo de Retorno (anos)											
	2	5	10	15	20	25	40	50	60	75	90	100
5 Minutos	12,2	14,5	16,5	17,8	18,8	19,6	21,4	22,3	23,1	24,1	24,9	25,4
10 Minutos	20,3	24,2	27,5	29,7	31,3	32,7	35,7	37,2	38,5	40,2	41,6	42,4
15 Minutos	26,2	31,2	35,5	38,3	40,4	42,1	46,0	48,0	49,7	51,8	53,6	54,7
20 Minutos	30,7	36,5	41,6	44,9	47,4	49,4	53,9	56,2	58,2	60,7	62,8	64,1
30 Minutos	37,3	44,3	50,4	54,4	57,4	59,9	65,4	68,2	70,5	73,6	76,1	77,6
45 Minutos	43,6	51,8	59,0	63,7	67,2	70,1	76,6	79,9	82,6	86,2	89,2	91,0
1 Horas	47,9	56,9	64,9	70,0	73,9	77,0	84,1	87,7	90,8	94,7	98,0	99,9
2 Horas	57,3	68,0	77,5	83,6	88,2	92,0	100,5	104,8	108,4	113,1	117,0	119,3
3 Horas	62,0	73,7	83,9	90,5	95,6	99,7	108,8	113,5	117,5	122,5	126,7	129,3
4 Horas	65,2	77,4	88,2	95,1	100,4	104,7	114,4	119,2	123,4	128,7	133,2	135,8
5 Horas	67,5	80,2	91,3	98,5	104,0	108,4	118,4	123,5	127,8	133,3	137,9	140,7
6 Horas	69,3	82,3	93,8	101,2	106,8	111,4	121,7	126,9	131,3	136,9	141,7	144,5
7 Horas	70,9	84,1	95,8	103,4	109,2	113,8	124,3	129,6	134,2	139,9	144,8	147,7
8 Horas	72,1	85,7	97,6	105,3	111,2	115,9	126,6	132,0	136,6	142,4	147,4	150,4
12 Horas	76,0	90,3	102,8	110,9	117,1	122,1	133,4	139,1	143,9	150,1	155,3	158,4
14 Horas	77,4	92,0	104,8	113,0	119,3	124,4	135,9	141,7	146,6	152,9	158,2	161,4
20 Horas	80,8	95,9	109,2	117,9	124,4	129,7	141,7	147,8	152,9	159,5	165,0	168,3
24 Horas	82,5	97,9	111,5	120,4	127,0	132,5	144,7	150,9	156,1	162,8	168,5	171,8

### 3 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO

Suponha que em um determinado dia, em Três Rios, foi registrada uma chuva de 157 mm com duração de 24 horas, a qual gerou vários problemas no sistema de drenagem pluvial da cidade. Qual é o tempo de retorno dessa precipitação?

Resp: Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:

$$T = \left[ \frac{i(t+c)^d}{a} \right]^{1/b} \quad (03)$$

A intensidade da chuva registrada é a altura da chuva dividida pela duração, ou seja, 157 mm dividido por 24 h é igual a 6,5 mm/h. Substituindo os valores na equação 03 temos:

$$T = \left[ \frac{6,5(1440 + 17,3)^{0,8976}}{2085,0} \right]^{1/0,1877} = 59,7 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 59,7 anos corresponde a uma probabilidade de que esta intensidade de chuva seja igualada ou superada em um ano qualquer de 1,7%, ou:

$$P(i \geq 6,5\text{mm/h}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{59,7} 100 = 1,7\%$$

### 4 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPOZZOLI, C. R.; PICKBRENNER, L.; PINTO, E. J. A. *Atlas Pluviométrico do Brasil; Equações Intensidade-Duração-Frequência*. Município: Rio das Flores. Estação pluviográfica Manuel Duarte, código 02243008. São Paulo, SP: CPRM, 2016. 13p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com/earth>. Acesso em Março de 2016.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330600&search=rio-de-janeiro|tres-rios|infograficos:-informacoes-completas>. Acesso em Março de 2016.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. CPRM. Belo Horizonte. Mar., 2013.

ANEXO I

Série de Dados Utilizados – Altura de Chuva diária (mm)

Máximo por Ano Hidrológico (Outubro/Setembro)

Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)	Ano Inicial	Ano Final	Data	Precipitação Máximo Diária (mm)
1936	1937	05/02/1937	55,2	1970	1971	26/02/1971	47,0
1937	1938	09/12/1937	122,0	1971	1972	25/12/1971	77,0
1938	1939	30/12/1938	95,1	1972	1973	29/12/1972	78,0
1939	1940	12/12/1939	80,3	1973	1974	03/11/1973	49,0
1940	1941	23/12/1940	78,1	1974	1975	27/10/1974	98,0
1941	1942	09/11/1941	54,3	1975	1976	29/11/1975	89,8
1942	1943	20/01/1943	73,5	1976	1977	22/11/1976	60,0
1943	1944	13/12/1943	64,1	1982	1983	21/03/1983	71,1
1944	1945	25/12/1944	92,3	1983	1984	23/11/1983	61,1
1945	1946	16/03/1946	76,0	1984	1985	25/01/1985	82,0
1946	1947	19/02/1947	85,0	1985	1986	24/12/1985	93,4
1947	1948	26/11/1947	88,0	1986	1987	23/04/1987	43,0
1948	1949	09/01/1949	92,0	1987	1988	16/03/1988	84,0
1949	1950	14/12/1949	63,0	1989	1990	19/12/1989	69,1
1950	1951	25/01/1951	51,0	1990	1991	23/11/1990	75,0
1951	1952	13/03/1952	85,0	1991	1992	17/01/1992	120,0
1952	1953	11/11/1952	98,0	1992	1993	05/01/1993	88,0
1953	1954	17/02/1954	81,0	1993	1994	16/05/1994	86,4
1954	1955	03/01/1955	74,0	1994	1995	28/11/1994	72,0
1955	1956	24/12/1955	72,0	2001	2002	31/12/2001	63,7
1956	1957	10/03/1957	67,0	2002	2003	17/12/2002	85,4
1957	1958	28/12/1957	84,0	2003	2004	14/01/2004	63,7
1958	1959	27/02/1959	56,0	2004	2005	03/03/2005	86,1
1959	1960	06/03/1960	82,0	2005	2006	24/02/2006	60,9
1960	1961	26/01/1961	70,0	2006	2007	04/01/2007	66,8
1961	1962	05/02/1962	50,0	2007	2008	04/11/2007	81,4
1962	1963	04/02/1963	65,0	2008	2009	21/01/2009	70,6
1963	1964	20/02/1964	63,0	2009	2010	28/12/2009	156,9
1964	1965	25/01/1965	73,0	2010	2011	01/03/2011	64,3
1965	1966	14/01/1966	96,0	2011	2012	09/01/2012	157,0
1966	1967	08/10/1966	98,0	2012	2013	05/11/2012	109,0
1967	1968	17/11/1967	132,0	2013	2014	02/12/2013	56,0
1968	1969	24/01/1969	76,0	2014	2015	25/11/2014	110,0
1969	1970	19/01/1970	46,1				



## ANEXO II

Relações entre alturas de chuvas de diferentes durações obtidas com as relações IDF estabelecidas por Capozzoli; Pickbrenner; Pinto (2016) para o município de Rio das Flores/RJ.

Relação 24h/1dia: 1,13

Relação 14h/24h	Relação 8h/24h	Relação 4h/24h	Relação 3h/24h	Relação 2h/24h	Relação 1h/24h
0,92	0,77	0,70	0,66	0,64	0,57

Relação 45 min/1h	Relação 30 min/1h	Relação 15 min/1h	Relação 10 min/1h	Relação 5 min/1h
0,95	0,79	0,51	0,38	0,24

## CARTA DE SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS GRAVITACIONAIS DE MASSA E INUNDAÇÃO

# ATLAS PLUVIOMÉTRICO DO BRASIL

O projeto Atlas Pluviométrico é uma ação dentro do programa de Levantamentos da Geodiversidade que tem por objetivo reunir, consolidar e organizar as informações sobre chuvas obtidas na operação da rede hidrometeorológica nacional. Dentre os vários objetivos do projeto Atlas Pluviométrico, destaca-se a definição das relações intensidade-duração-frequência (IDF).

As relações IDF são importantíssimas na definição das intensidades de precipitação associadas a uma frequência de ocorrência, as quais serão utilizadas no dimensionamento de diversas estruturas de drenagem pluvial ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Também podem ser utilizadas de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de precipitação ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário.

## ENDEREÇOS

### Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J – Parte A – 1º andar

Brasília – DF – CEP: 70830-030

Tel: 61 2192-8252

Fax: 61 3224-1616

### Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca

Rio de Janeiro – RJ Cep: 22290-255

Tel: 21 2295-5337 - 21 2295-5382

Fax: 21 2542-3647

### Diretoria de Hidrologia e Gestão Territorial

Tel: 61 3223-1059 - 21 2295-8248

Fax: 61 3323-6600 - 21 2295-5804

### Departamento de Gestão Territorial

Tel: 21 2295-6147 - Fax: 21 2295-8094

### Diretoria de Relações Institucionais e Desenvolvimento

Tel: 21 2295-5837 - 61 3223-1059

Fax: 21 2295-5947 - 61 3323-6600

### Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 - Setor Marista

Goiânia - GO - CEP: 74170-110

Tel.: 62 3240-1400 - Fax: 62 3240-1417

### Assessoria de Comunicação

Tel: 61 3321-2949 - Fax: 61 3321-2949

E-mail: asscomdf@cprm.gov.br

### Divisão de Marketing e Divulgação

Tel: 31 3878-0372 - Fax: 31 3878-0370

E-mail: marketing@cprm.gov.br

### Ouvidoria

Tel: 21 2295-4697 - Fax: 21 2295-0495

[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)



**PAC**

**ANEXO H**  
**RESERVATÓRIO**

Consumo predial diário					
	Consumo per capita				
	Nº de apartamentos	Pessoas por dormitório	Número de pavimentos	Nº de dormitórios	Sub- Total
Pavimento tipo	4	2	4	3	96
Pavimento térreo	4	2	1	3	24
Pavimento de coberturas	4	2	1	4	32
				Total	152

CONSUMO PREDIAL DIÁRIO

$$C_d = C_p \times n$$

$C_d$  – consumo diário (litros/dia)  
 $C_p$  – consumo per capita (litros/dia/pessoa)  
 $n$  – número de ocupantes

Cp [ Litros /Pessoa ]	n [ Nº de Pessoas ]	Cd [ Litros ]
200	152	30400

Cálculo da capacidade dos reservatórios superior e inferior

Reservatório Superior	
Volume para consumo [ Litros ]	12160
RTI (Reserva técnica de incêndio) [ Litros ]	4560
Capacidade Total [ litros ]	16720

Reservatório Inferior	
ND (Nº de dias sem abastecimento) [Dias]	2
Cd (Consumo diário predial ) [litros]	30400
Capacidade total [Litros]	48640

**ANEXO I**  
**ELEVADOR**



Capacidade de Tráfego		
Ct= Ct1 + ... + Ctn		
Ct1	31,46	
Ct2	0	
Ct3	0	
Ctn	31,46	
Intervalo de tráfego		
I=T/ ne		
I		Intervalo de tráfego
T	76,28	Tempo total de viagem , em seg
ne	1	Número de elevadores do grupo
I	76,28309102	

6.5.2 O intervalo de tráfego máximo admissível deve respeitar os valores constantes na Tabela 6, exceto para edifícios em que os elevadores atendam exclusivamente apartamentos, para os quais não prevalece esta exigência.

### 6.6 Zoneamento

6.6.1 Quando for adotada a solução de zoneamento, para efeito de cálculo de tráfego, os elevadores de cada uma das zonas devem atender, independentemente, a todas as prescrições estabelecidas nesta Norma.

6.6.2 Qualquer elevador de uma determinada zona não deve atender a outras zonas, salvo no pavimento de interseção entre zonas, quando desejável.