

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS – CÂMPUS GOIÂNIA
DEPARTAMENTO DE ÁREAS ACADÊMICAS III
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

RODRIGO PEREIRA CAMPOS FILHO

**CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE ESTRUTURAS
EM CONCRETO ARMADO DE UM EDIFÍCIO DE QUATRO PAVIMENTOS POR
MEIO DO SOFTWARE EBERICK®**

Goiânia/GO

2022

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Rodrigo Pereira Campos Filho

Matrícula: 20181011050316

Título do Trabalho: concepção e desenvolvimento do projeto de estruturas em concreto armado de um edifício de quatro pavimentos por meio do software eberick®

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia – GO, 26 / 02 / 2023.

Local

Data


Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

RODRIGO PEREIRA CAMPOS FILHO

**CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE ESTRUTURAS
EM CONCRETO ARMADO DE UM EDIFÍCIO DE QUATRO PAVIMENTOS POR
MEIO DO SOFTWARE EBERICK®**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Departamento de Áreas Acadêmicas III do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos requisitos
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil

Orientador: Prof. Me. Cláudio Marra Alves -
IFG

Coorientadora: Profa. Dra. Liana de Lucca
Jardim Borges - IFG

Goiânia/GO

2022

C1575c Campos Filho, Rodrigo Pereira.

Concepção e desenvolvimento do projeto de estruturas em concreto armado de um edifício de quatro pavimentos por meio do software Eberick / Rodrigo Pereira Campos Filho. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2022.
191 f.: il.

Orientador: Prof. Me. Cláudio Marra Alves.

Coorientadora: Profa. Dra. Liana de Lucca Jardim Borges.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
Inclui apêndices.

1. Concreto Armado. 2. Projeto estrutural. 3. Análise estrutural. I. Alves, Cláudio Marra (orientador). II. Borges, Liana de Lucca Jardim (coorientadora). III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. IV. Título.

CDD 691.3

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

Rodrigo Pereira Campos Filho

CONCEPÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROJETO DE ESTRUTURAS EM CONCRETO ARMADO DE UM EDIFÍCIO DE QUATRO PAVIMENTOS POR MEIO DO SOFTWARE EBERICK®

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: Me. Cláudio Marra Alves (orientador), Dra. Liana de Lucca Jardim Borges (co-orientadora), Dr. Enio Rodrigues Machado, Dr. Antônio Henrique Capuzzo Martins.

Aprovado em 21 de Dezembro de 2022.

Documento assinado eletronicamente por:

- Enio Rodrigues Machado, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/01/2023 22:10:19.
- Antonio Henrique Capuzzo Martins, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/01/2023 17:06:07.
- Liana de Lucca Jardim Borges, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/01/2023 12:38:20.
- Claudio Marra Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 13/01/2023 11:17:17.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 359297

Código de Autenticação: fd58af1bd9



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado a oportunidade de cursar o curso que sempre sonhei, e por ter me dado forças para chegar até o final.

A minha família por ter me dado base, suporte e princípios que sem eles jamais teria chegado até aqui, e a minha namorada Fernanda Carla Sobrinho e meu filho Miguel Sobrinho Campos por serem a maior fonte de energia da minha dedicação.

Não poderia deixar de agradecer a Profa. Dra. Liana de Lucca Jardim Borges, que ao longo da minha caminhada no IFG tive a honra de tê-la como orientadora de iniciação científica, monitoria e Co-orientadora do meu TCC.

Ao Prof. Me. Cláudio Marra Alves minha gratidão por ter assumido a orientação do trabalho já na metade desse semestre, substituindo a Profa. Dra. Liana de Lucca Jardim Borges, contribuindo na conclusão dessa etapa tão importante da minha vida.

Rodrigo Pereira Campos Filho

EPÍGRAFE

“A busca da excelência é a própria felicidade.
A felicidade é ir o mais longe possível, ser o mais
perfeito possível e devolver para o mundo em forma
de performance aquilo que o mundo te deu em forma
de potencialidade, talento e recurso natural”
(Clovis de Barros Filho)

RESUMO

CAMPOS, Rodrigo Pereira Filho. **Concepção e desenvolvimento do projeto estrutural em concreto armado de um edifício de quatro pavimentos no software Eberick®**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2022.

O desenvolvimento computacional viabilizou a criação de estruturas cada vez mais arrojadas, possibilitando o uso de sistemas matemáticos complexos e modelos estruturais cada vez mais próximos do comportamento real da estrutura. Cabe ao engenheiro calculista escolher as ferramentas mais adequadas e acessíveis, para realizar a concepção estrutural, de modo a atender as questões de segurança, condições de utilização, condições econômicas, estéticas, questões ambientais, condições construtivas e restrições legais. Este estudo tem como objetivo conceber um projeto de estruturas em concreto armado de um edifício residencial de quatro pavimentos utilizando o software Eberick®. Para tanto, o edifício foi modelado no software, contando com o auxílio de planilhas para orientação no pré-dimensionamento dos elementos, e nas verificações de estado limite de serviço e estado limite último.

Palavras-chave: Concreto Armado. Projeto Estrutural. Eberick. Análise Estrutural

ABSTRACT

CAMPOS, Rodrigo Pereira Filho. **Conception and development of the structural project in reinforced concrete for a four-story building in Eberick®**. 2022. Completion of course work – Bachelor of Civil Engineering – Federal Institute of Education, Science and Technology of Goiás, Goiânia, 2022.

Computational development has enabled the creation of increasingly bold structures, enabling the use of complex mathematical systems and structural models that are increasingly close to the real behavior of the structure. It is up to the calculating engineer to choose the most appropriate and accessible tools to carry out the structural design, in order to meet safety issues, conditions of use, economic conditions, aesthetics, environmental issues, constructive conditions and legal restrictions. This study aims to conceive a design of reinforced concrete structures of a four-story residential building in the Eberick® software. For that, the building was modeled in the software, with the help of spreadsheets to guide the pre-dimensioning of the elements, and in the service limit state and ultimate limit state checks.

Keywords: Concreto Armado. Projeto Estrutural. Eberick. Análise Estrutural

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da metodologia	24
Figura 2 - Modelo 3D do edifício	25
Figura 3 - Imperfeições globais	28
Figura 4 - Imperfeições locais	29
Figura 5 - Piso Acabado sem impermeabilização e reboco	31
Figura 6 - Isopletas de velocidade básica V_0 (m/s)	33
Figura 7 – Fator S_3	34
Figura 8 - Esforços na estrutura.....	36
Figura 9 - Mecânica do funcionamento da estrutura	36
Figura 10 - Área de influência dos pilares.....	41
Figura 11 – Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede	42
Figura 12 - Casos de carregamentos nos pilares.....	43
Figura 13 - Viga contínua.....	46
Figura 14 - Modelo de Grelhas.....	46
Figura 15 - Modelo de grelha Eberick.....	47
Figura 16 - Modelo de associação de painéis	48
Figura 17 - Modelo de pórtico espacial	Erro! Indicador não definido.
Figura 18 - Vão livre e vão teórico.....	50
Figura 19 - Diagrama de momento fletor de uma laje.....	54
Figura 20 - Diagrama de momento fletor corrigido	54
Figura 21 - Nó adjacente engastado	58
Figura 22 - Nó adjacente engastado no pórtico plano	59
Figura 23 - Solicitação de compressão simples ou uniforme	61
Figura 24 - Tipos de flexão composta	61
Figura 25 - Comprimento de flambagem para diferentes tipos de apoio	62
Figura 26 - Não-linearidade geométrica originando esforços de segunda ordem.	Erro!
Indicador não definido.	
Figura 27 - Pilar Padrão.....	64
Figura 28 - Raio de giração	67
Figura 29 - Casos de excentricidade de 1ª Ordem.....	68
Figura 30 - Imperfeições Geométricas Locais.....	70

Figura 31 - Pilar intermediário	75
Figura 32 - Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de extremidade	76
Figura 33 - Momentos fletores nos pilares de extremidade provenientes da ligação com a viga não contínua sobre o pilar.....	77
Figura 34 - Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de canto	78
Figura 35 - Situação de projeto e situações de cálculo de pilares intermediários cm $\lambda_{máx} \leq 90$	80
Figura 36 - Situação de projeto e situações de cálculo de pilares intermediários cm $\lambda_{máx} \leq 90$	81
Figura 37 - Situação de projeto e situações de cálculo para a seção intermediária dos pilares de extremidade	81
Figura 38 - Situação de projeto e situações de cálculo para as seções de extremidade dos pilares de canto.....	82
Figura 39 - Situação de projeto e situações de cálculo para a seção intermediária dos pilares de canto	82
Figura 40 - Modelo de grelhas separado do pórtico	86
Figura 41 - Análise pelo método do pórtico espacial	88
Figura 42 - Modelo Integrado.....	89
Figura 43 - Janela de processamento do Eberick®	90
Figura 44 - Deslocamento horizontal de uma estrutura.....	92
Figura 45 - Aviso efeitos de 2ª Ordem importantes	93
Figura 46 - Planta arquitetônica do pavimento tipo.	95
Figura 47 - Propriedades do projeto	97
Figura 48 - Pré-forma	99
Figura 49 - Área de influência dos pilares.....	101
Figura 50 - Carga das vigas no Eberick.....	102
Figura 51 - Discretização da carga de parede.....	103
Figura 52 - Carregamento das lajes Eberick.....	104
Figura 53 - Discretização do carregamento das lajes do pavimento tipo	105
Figura 54 - Discretização do carregamento das lajes do pavimento cobertura	105
Figura 55 - Discretização das cargas da laje do pavimento fundo caixa.....	106
Figura 56 - Carregamento de parede na lajes	107
Figura 57 - Parâmetros para consideração das cargas de vento no Eberick	108
Figura 58 - Direções das incidências de vento	109

Figura 59 - Verificações Eberick.....	111
Figura 60 - Processamento Eberick	111
Figura 61 - Resultado do processamento.....	112
Figura 62 - Análise da grelha	113
Figura 63 - Pórtico	114
Figura 64 - Detalhamento gerado pelo Eberick.....	118
Figura 65 - Detalhamento final.....	119
Figura 66 – Modelo 3D da estrutura.....	123

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficiente $\xi \times t$	56
Tabela 2 - Cargas das vigas	103
Tabela 3 - Cargas das lajes	107
Tabela 4 - Valores característicos do vento	108
Tabela 5 - Coeficiente de arrasto	109
Tabela 6 - Limites de deslocamento	115
Tabela 7 - Otimização das vigas.....	116
Tabela 8 - Otimização das lajes.....	117
Tabela 9 - Otimização dos pilares	117
Tabela 10 - Resumo de materiais	Erro! Indicador não definido.
Tabela 11 - Índices e taxas de consumo	122
Tabela 12 - Pré-dimensionamento dos pilares.....	136
Tabela 13 - Pré-dimensionamento das vigas	137
Tabela 14 - Pré-dimensionamento das lajes	138
Tabela 15 - Verificação inicial do ELS das lajes.....	139
Tabela 16 - Verificação final do ELS das lajes	140
Tabela 17 - Verificação inicial do ELS das vigas	141
Tabela 18 - Verificação final do ELS das vigas (apenas as ajustadas).....	143
Tabela 19 - Verificação ELU das lajes.....	144
Tabela 20 - Verificação ELU vigas	145
Tabela 21- Verificação ELU vigas (ajustes).....	147
Tabela 22 – Análise inicial do ELU dos pilares	147
Tabela 23 – Análise final do ELU dos pilares.....	148
Tabela 24 - Resumo de materiais por elemento e por pavimento	149

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ELU	Estado Limite Último
ELS	Estado Limite de Serviço
NBR	Norma Brasileira
NLF	Não Linearidade Física

LISTA DE SÍMBOLOS

a	Flecha
A_i	Área de influência do pilar
A_c	Área da seção de concreto
A_s	Área da seção transversal da armadura tracionada
$b - b_w$	Largura da base da viga
d	Distância do bordo mais comprimido até o centro de gravidade da armadura tracionada
d'	Distância do bordo mais tracionado até o centroide da armadura tracionada
E_c	Módulo de elasticidade do concreto
E_s	Módulo de elasticidade da armadura tracionada ou inferior
E_{ci}	Módulo tangente inicial de deformação do concreto
f_{bd}	Resistência de aderência uniforme
F_c	Resultante das tensões normais de compressão no centro
f_{cd}	Resistência à compressão de cálculo do concreto
f_{ctm}	Resistência à tração do concreto
$f_{ctm,f}$	Resistência à tração na flexão do concreto
f_{ck}	Resistência característica à compressão do concreto
f_{ctk}	Resistência característica à tração do concreto
F_s	Resultante das tensões normais de tração no aço
f_{yk}	Resistência ao escoamento da armadura tracionada
f_{ywk}	Resistência ao escoamento da armadura transversal
h	Altura total da seção transversal
h_x	Menor dimensão da seção transversal do pilar
h_y	Maior dimensão da seção transversal do pilar
I	Momento de Inércia
ℓ	Comprimento
l_b	Comprimento de ancoragem da fibra
M_k	Momento fletor resistente
M_r	Momento de fissuração
$M_{(1d,min)}$	Momento de 1ª Ordem mínimo
N_k	Força Normal característica
N_d	Força Normal de Cálculo
n	Número de pavimentos acima do subsolo acima da cota de arrasamento da fundação

P	Carga aplicada
q	Carregamento total (peso próprio, revestimento e carga acidental) aplicado no pavimento
w_k	Abertura máxima das fissuras características
x	Posição da linha neutra da seção
z	Distância entre o centro de gravidade da armadura de tração e o centro de gravidade da região comprimida de concreto
ϵ_c	Deformação específica do concreto na fibra mais comprimida
ϵ_{ci}	Deformação inicial do concreto
ϵ_s	Deformação específica da armadura tracionada
ϵ_{yk}	Deformação específica da escoamento da armadura tracionada
α_c	Coefficiente de redução da resistência característica do concreto (0,85)
α_l	Coefficiente de redução do comprimento de ancoragem
σ	Tensão
ϕ_l	Diâmetro da armadura longitudinal
ϕ_t	Diâmetro da armadura transversal
γ_n	Coefficiente adicional para pilares

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
1.1	Objetivos.....	21
1.1.1	Objetivo Geral	21
1.1.2	Objetivos Específicos	22
1.2	Metodologia.....	22
1.3	Escopo do Trabalho	24
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
2.1	Carregamentos na Estrutura	26
2.1.1	Ações Permanentes.....	26
2.1.1.1	Ações Permanentes Diretas.....	26
2.1.1.2	Ações Permanentes Indiretas	27
2.1.2	Ações Variáveis.....	29
2.1.2.1	Ações Variáveis Diretas.....	29
2.1.2.2	Ações Variáveis Indiretas	30
2.2	Levantamento das Cargas.....	30
2.2.1	Peso Próprio.....	30
2.2.2	Revestimento	31
2.2.3	Parede sobre as lajes	31
2.2.4	Cargas Acidentais	32
2.2.5	Ações do Vento	32
2.2.5.1	Velocidade Característica do vento (V_k).....	32
2.2.5.2	Pressão Dinâmica.....	34
2.2.5.3	Coeficientes de Força.....	35
2.3	Esforços na Estrutura.....	35

2.4	Concepção Estrutural.....	36
2.4.1	Análise do projeto de arquitetura.....	37
2.4.2	Posicionamento dos pilares e vigas	37
2.4.3	Classe de agressividade	38
2.4.4	Pré-Dimensionamento	40
a)	Pré-Dimensionamento dos Pilares.....	40
b)	Pré-Dimensionamento das Vigas.....	44
c)	Pré-Dimensionamento das Lajes	44
2.5	Modelos de Cálculo	45
2.5.1	Viga Contínua.....	45
2.5.2	Grelha	46
2.5.3	Pórtico Plano	47
2.5.4	Pórtico Espacial	49
2.6	Dimensionamento.....	50
2.6.1	Lajes	50
2.6.2	Vãos	50
2.6.3	Condições de Vinculação	51
2.6.4	Reações de Apoio	52
2.6.5	Momentos fletores das lajes isoladas.....	52
2.6.6	Compatibilização dos Momentos Fletores	53
2.6.7	Verificação.....	54
2.6.8	Vigas.....	56
2.6.8.1	Valor limite do momento fletor	57
2.6.8.2	Valor limite da força cortante de cálculo	58
2.6.8.3	Momento nas Extremidades das vigas junto aos pilares.....	58
2.6.9	Pilares	60
2.6.9.1	Solicitações	60

2.6.9.2	Flambagem.....	62
2.6.9.3	Não Linearidade Física e Geométrica.....	62
2.6.9.4	Pilar Padrão.....	64
2.6.9.5	Índice de Esbeltez.....	66
2.6.9.5.1	Classificação quanto ao Índice de Esbeltez.....	68
2.6.9.6	Excentricidades.....	68
2.6.9.7	Determinação dos Efeitos Locais de 2ª Ordem.....	72
2.6.9.7.1	Método do Pilar-Padrão com Curvatura Aproximada.....	73
2.6.9.8	Situações Básicas de Projeto.....	74
2.6.9.9	Situações de projeto e de cálculo.....	78
2.6.9.9.1	Pilar Intermediário.....	79
2.6.9.9.2	Pilar de Extremidade.....	80
2.6.9.9.3	Pilar de Canto.....	81
2.7	Coeficiente Gama-Z (γ_z).....	83
2.8	Eberick.....	83
2.8.1	Modelos de Cálculo.....	84
2.8.1.1	Modelo de grelhas separado do pórtico.....	86
2.8.1.2	Análise Integrado.....	89
2.8.1.3	Diferenças entre os modelos.....	89
2.9	Verificação da estabilidade global.....	91
3	ARQUITETURA.....	94
3.1	Descrição.....	94
3.2	Especificações dos materiais.....	96
3.2.1	Alvenaria.....	96
3.2.2	Revestimento.....	96
3.2.2.1	Paredes.....	96
3.2.2.2	Piso.....	96

4	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ESTRUTURAL.....	97
4.1	Criação do projeto e desenvolvimento inicial	97
4.2	Pré-Dimensionamento	97
4.2.1	Pré-Forma	97
4.2.2	Pré-dimensionamento	101
4.3	Carregamento da Estrutura	102
4.3.1	Cargas permanentes e variáveis.....	102
4.3.2	Vento	108
4.4	Validação do modelo estrutural	110
4.4.1	Análise do modelo de Grelhas	112
4.4.2	Análise do pórtico.....	113
4.5	Verificação das deformações no estado limite de serviço (ELS)	115
4.6	Verificação do estado limite ultimo (ELU)	115
4.7	Otimização.....	116
4.8	Detalhamento.....	117
4.9	Pranchas.....	119
4.10	Índices e taxas de consumo	120
4.10.1	Espessura Média (Em)	120
4.10.2	Consumo de Aço (Iaço)	120
4.10.3	Consumo de Forma (Iforma).....	120
4.10.4	Taxa de aço (kg/m ²)	121
4.10.5	Taxa de forma (kg/m ²)	121
5	ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	122
5.1	Consumo de materiais	122
5.2	Pranchas.....	123
6	CONCLUSÃO.....	124
6.1	Conclusões.....	124

6.2	Sugestões para futuros trabalhos	124
REFERÊNCIAS.....		126
APÊNDICE A – PRANCHAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....		130
APÊNDICE B – TABELAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO E VERIFICAÇÕES		135
APÊNDICE C – PRANCHAS DO PROJETO ESTRUTURAL		149

1 INTRODUÇÃO

A possibilidade de se construir estruturas cada vez mais esbeltas e arrojadas trouxe, sem dúvida, um grande avanço tecnológico à construção civil. Na mesma medida, porém, foi preciso pagar um alto preço: o cálculo dessas estruturas é cada vez mais complexo e refinado. Antes, o projeto era feito por modelos matemáticos simples, porque havia ferramentas para isso, como as pequenas máquinas de calcular. Entretanto, à medida que as estruturas foram se sofisticando, o custo também foi crescendo. Com a evolução dos microcomputadores e dos softwares, ferramentas poderosas foram criadas com a finalidade de auxiliar os engenheiros a executar os projetos.

O projeto estrutural tem como objetivo a concepção de uma estrutura que atenda a todas as necessidades para as quais ela será construída, satisfazendo questões de segurança, condições de utilização, condições econômicas, estéticas, questões ambientais, condições construtivas e restrições legais. O resultado do projeto estrutural é a especificação de uma estrutura de forma completa, isto é, abrangendo todos os seus aspectos gerais, tais como locação, e todos os detalhes necessários para a sua construção. Portanto, o projeto estrutural parte de uma concepção geral da estrutura e termina com a documentação que possibilita a sua construção. São inúmeras e muito complexas as etapas de um projeto estrutural. Entre elas está a previsão do comportamento da estrutura de tal forma que ela possa atender satisfatoriamente às condições de segurança e de utilização para as quais ela foi concebida.

Os principais elementos que compõem a superestrutura de um edifício são os pilares, vigas e lajes. Sendo o pilar o mais importante delas uma vez que recebe o carregamento de toda a estrutura, contribui significativamente para a estabilidade global, resiste as solicitações horizontais e transmite as solicitações da superestrutura aos elementos de fundação.

As estruturas devem ser projetadas e construídas de forma a garantir os requisitos mínimos de segurança, estabilidade e durabilidade ao longo de sua vida útil. Sabendo disso, a NBR 6118 (ABNT, 2014) vem definir e orientar as condições de dimensionamento e execução a fim de que o sistema estrutural atenda a esses requisitos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Conceber um projeto de estrutura em concreto armado de um edifício residencial de quatro pavimentos utilizando o software Eberick®.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Evidenciar as etapas para o desenvolvimento de um projeto de estruturas em concreto armado, desde o lançamento até o detalhamento da estrutura.
- Apresentar as prescrições normativas da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014) relativas aos métodos de verificação, dimensionamento e detalhamento de uma edificação;
- Apresentar as informações do programa computacional EBERICK® relativas às fases de: definição de critérios de projeto, de modelos de análise, parâmetros de criação do edifício, entre outras de importância para validação dos modelos estruturais;
- Dimensionar e detalhar os elementos estruturais de concreto armado adequadamente segundo a ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014).

1.2 Metodologia

O projeto arquitetônico a ser utilizado no desenvolvimento do trabalho foi criado de modo a se obter um modelo estrutural simples. No desenvolvimento da arquitetura inicial, procurou-se dar uma forma simétrica na edificação, tanto nas fachadas quanto nas dimensões horizontais e verticais da planta.

Após a conclusão o mesmo foi analisado, de modo a definir as posições iniciais das vigas e pilares do tipo, para chegar na pré-forma que é a base para o pré-dimensionamento.

No pré-dimensionamento foi utilizado planilhas para se obter as dimensões iniciais dos elementos estruturais.

Para o carregamento da estrutura, foi utilizado a própria biblioteca de cargas típicas pré-cadastrada no Eberick®. Os valores dessas cargas baseiam-se nos parâmetros preconizados na ABNT NBR 6120 (ABNT, 1998). O programa permite ainda que o projetista adicione, remova ou altere as cargas já cadastradas. Foi escolhido para cada caso o grupo de cargas mais coerente com a concepção arquitetônica, escolhendo o que mais se aproxime do que será utilizado na edificação. Para facilitar o levantamento de todas as cargas, e garantir a eficácia nas considerações adotadas, para cada pavimento foi criado uma tabela descrevendo os carregamentos nas vigas e lajes.

Com os dados do pré-dimensionamento e do levantamento de cargas, foi feito o primeiro lançamento no Eberick, onde se teve a preocupação de garantir a ligação correta dos elementos, de modo que permitisse ao software gerar o modelo matemático para calcular a estrutura. Ao se obter um modelo sem erro de lançamento, com as peças alinhadas e os nós devidamente posicionados foi feito o processamento da estrutura.

No primeiro processamento, não é analisado o deslocamento das peças e nem o seu dimensionamento, observa-se apenas a estabilidade global do edifício. Se ao final do processamento for constatado que a estrutura atingiu a rigidez necessária, está validado o modelo estrutural, se a mesma não tiver atingido a estabilidade necessária, é necessário realizar alterações para garantir sua rigidez.

Ao atingir a estabilidade do modelo estrutural, fez-se a verificação das deformações no Estado Limite de Serviço (ELS). O software não indica os elementos estruturais que estão com os seus deslocamentos superiores ao especificado em norma, apenas gera aviso para verificar as deformações da peça. Para verificar as deformações no ELS foram utilizado tabelas.

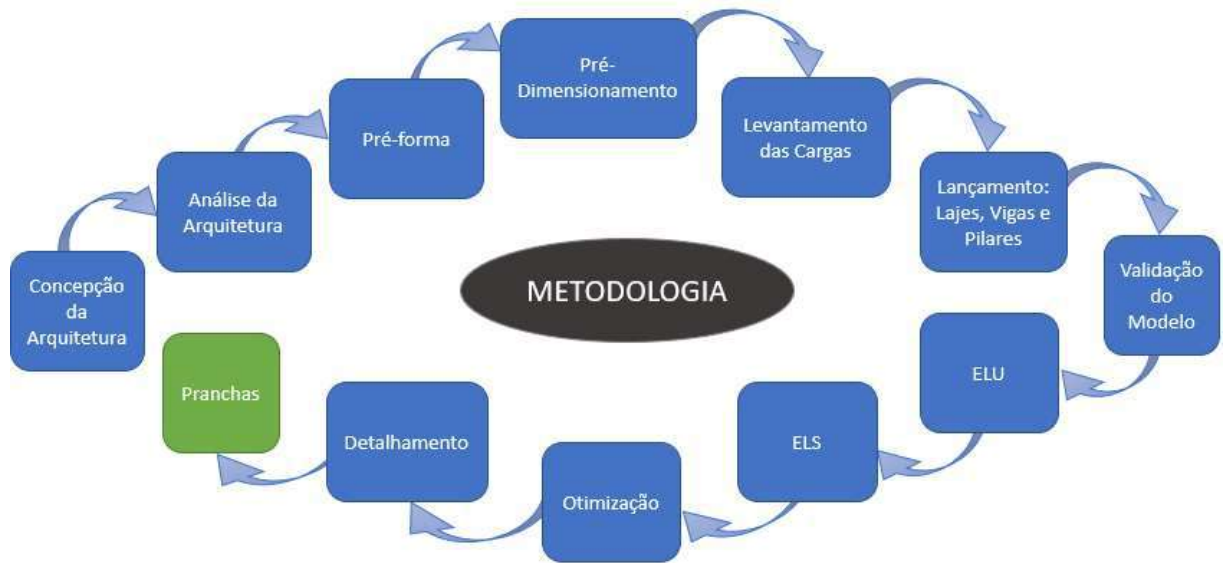
Ao garantir que o ELS seja atendido, faz-se a otimização dos elementos estruturais, onde o calculista analisa quais elementos podem ter suas dimensões padronizadas de modo a se obter um projeto mais exequível e com maior economia de forma, que pode chegar em valores próximos de 50% do valor da estrutura e 10% do valor total da obra (MAGALHÃES, 2000).

O detalhamento é gerado automaticamente pelo software, após o calculista definir as bitolas e espaçamento das peças de acordo com as opções dadas pelo programa. Por mais que tenha sido feita uma escolha das armaduras a serem utilizadas, o detalhamento gerado pelo software tem que passar por uma análise crítica pois como o mesmo é otimizado pelo programa para consumir uma menor quantidade de aço, é gerado diversas armaduras diferentes a cada trecho, o que dificulta o entendimento e execução do projeto. Por isso é feito uma padronização das armaduras pelo calculista, na qual é escolhida a distribuição com maior área de aço para cada trecho, com o intuito de se obter uma distribuição mais uniforme das armaduras.

Concluído o detalhamento das armaduras, formas e cortes é gerado as pranchas do projeto. As pranchas obtidas pelo Eberick são no formato “.cad”, sendo necessário exportar todos os arquivos para o formato DWG, para então, com o auxílio do software para visualização de projetos *DWG Viewer®* plotar todos os arquivos.

Na figura 1 pode-se observar a complexidade que é a concepção de um projeto estrutural, que exige o cumprimento de diversas etapas.

Figura 1 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Autoria Própria

1.3 Escopo do Trabalho

No capítulo 01 – Introdução, é apresentada uma contextualização do tema, os objetivos gerais e específicos e o escopo do trabalho.

No capítulo 02 – Referencial Teórico, são abordados diversos tópicos referentes ao tema como as principais normas de projeto em vigor.

No capítulo 03 – Metodologia são apresentados os critérios utilizados no pré-dimensionamento, juntamente de todo processo por trás da concepção de um edifício, desde a análise da arquitetura até o detalhamento das pranchas

No capítulo 04 – Resultados e Discussões – são apresentadas as tabelas de consumo de aço e concreto, juntamente da modelagem 3D do edifício.

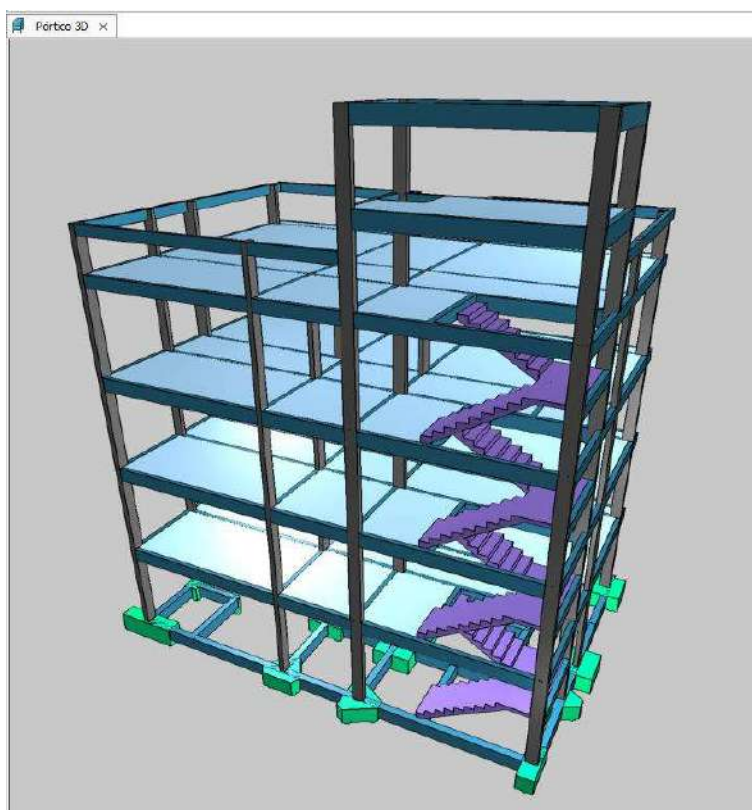
No capítulo 05 - Conclusões - são apresentadas as conclusões obtidas com a realização do trabalho e sugestões para a realização de pesquisas futuras.

Por fim, estão apresentadas as referências utilizadas para a realização do trabalho e os Apêndices A, B e C contendo respectivamente as pranchas do projeto arquitetônico, tabelas de pré-dimensionamento e verificações e as pranchas do projeto estrutural.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Desenvolver um projeto de estruturas (Figura 2) exige uma vasta gama de conhecimentos técnicos, práticos e empíricos do engenheiro civil calculista. No caso das estruturas de concreto armado, exige-se também do profissional o domínio das ferramentas de cálculo, pois devido a complexidade dos modelos matemáticos necessários para o cálculo da estrutura, seria inviável a concepção de um projeto econômico em um período curto de tempo. Para cada edificação existe inúmeras formas de concepções para viabilizá-la, cabendo ao responsável técnico a escolha mais adequada com a disponibilidade de recursos disponíveis.

Figura 2 - Modelo 3D do edifício



Fonte: Autoria própria (2022)

Segundo Kimura (2018) a elaboração de um projeto estrutural pode ser subdividida em quatro etapas principais: concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento, e emissão das plantas finais. Dentro desse processo deve-se assegurar a

segurança, funcionabilidade, durabilidade, interoperabilidade com outras disciplinas e a construtibilidade dos elementos.

2.1 Carregamentos na Estrutura

Na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a segurança da estrutura em exame, respeitando os possíveis estados limites últimos e os de serviço, levando em conta as condições de localização e utilização da estrutura para melhor adequação ao uso.

As ações a considerar classificam-se, de acordo com a ABNT NBR 8681 (ABNT, 2013), em permanentes, variáveis e excepcionais. Para cada tipo de construção, as ações a considerar devem respeitar suas peculiaridades e as normas a ela aplicáveis, ou seja, ao caderno de especificações do empreendimento, considerações sobre o processo construtivo com indicativo de materiais e equipamentos que serão utilizados durante e ou após a construção do edifício.

2.1.1 Ações Permanentes

Ações permanentes são as que ocorrem com valores praticamente constantes durante toda a vida da construção. Também são consideradas como permanentes as ações que crescem no tempo, tendendo a um valor limite constante. As ações permanentes devem ser consideradas com seus valores representativos mais desfavoráveis para a segurança.

2.1.1.1 Ações Permanentes Diretas

- **Peso Proprio:** Nas construções correntes admite-se que o peso próprio da estrutura seja avaliado adotando-se o concreto armado com peso específico médio de 25 kN/m³.
- **Peso dos elementos construtivos fixos e de instalações permanentes:** As massas específicas dos materiais de construção correntes podem ser avaliadas com base nos valores indicados na ABNT NBR 6120 (ABNT, 2019).
- **Empuxos permanentes:** Consideram-se como permanentes os empuxos de terra e outros materiais granulosos quando forem admitidos não removíveis.

2.1.1.2 Ações Permanentes Indiretas

As ações permanentes indiretas são constituídas pelas deformações impostas por retração e fluência do concreto, deslocamentos de apoio e imperfeições geométricas.

a) Retração do Concreto

A retração é a diminuição de volume devido à evaporação da água não consumida na reação química de pega do concreto. A deformação específica de retração do concreto pode ser calculada conforme indica o anexo A da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014).

b) Fluência do Concreto

A deformação por fluência do concreto compõe-se de duas partes, uma rápida e outra lenta. A deformação rápida é irreversível e ocorre durante as primeiras 24h após a aplicação da carga que a originou. A deformação lenta é o aumento de uma deformação com o tempo sob a ação de cargas ou de tensões permanentes. Em alguns casos de dimensionamento de pilares e de verificação de flechas em vigas e lajes o efeito da fluência deve ser obrigatoriamente considerado. As deformações decorrentes da fluência do concreto podem ser calculadas conforme indicado no anexo A da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014).

c) Imperfeições Geométricas

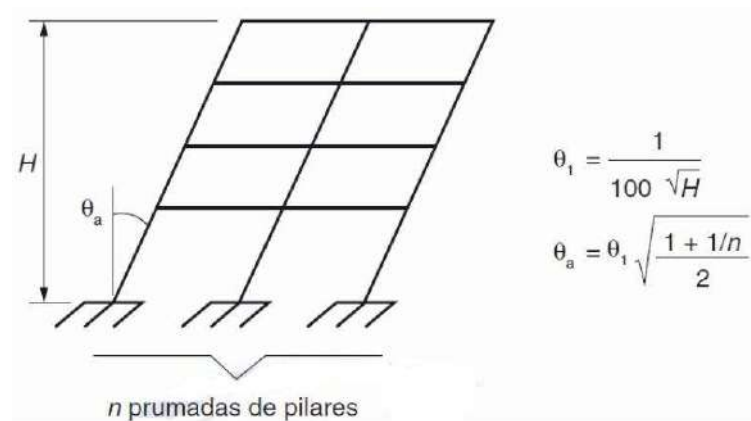
Na verificação do estado limite último das estruturas reticuladas, devem ser consideradas as imperfeições geométricas do eixo dos elementos estruturais da estrutura descarregada. Essas imperfeições podem ser divididas em dois grupos: imperfeições globais e imperfeições locais.

- Imperfeições Globais

Na análise global dessas estruturas, sejam elas contraventadas ou não, deve ser considerado um desaprumo dos elementos verticais conforme mostra a figura 3.

O desaprumo não deve necessariamente ser superposto ao carregamento de vento. Entre os dois, vento e desaprumo, deve ser considerado apenas o mais desfavorável, que pode ser definido através do que provoca o maior momento total na base de construção. Esta consideração não autoriza a construção com desaprumo, mas busca representar a probabilidade de ocorrer o desaprumo no conjunto estrutural do edifício.

Figura 3 - Imperfeições globais



Fonte: ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014)

Onde

$\theta_{1,min} = 1/300$ para estruturas reticuladas e imperfeições locais

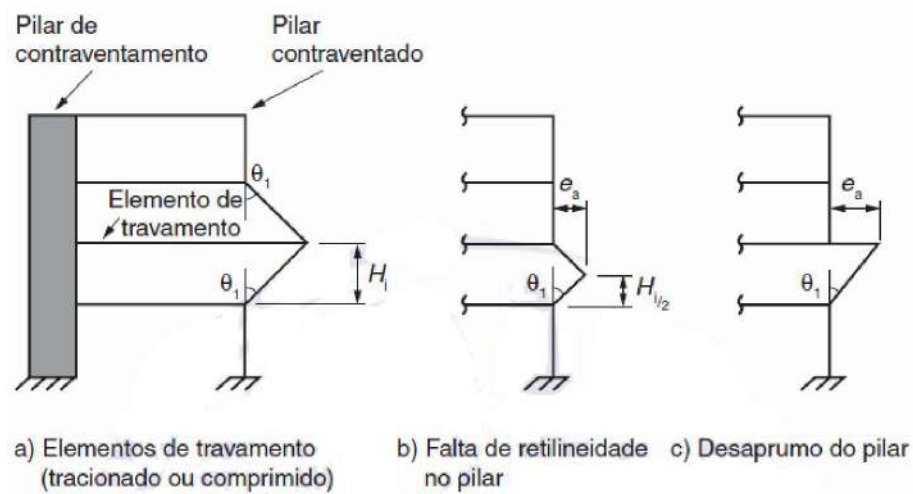
$\theta_{1,máx} = 1/200$;

H é a altura total da edificação, expressa em metros (m);

- Imperfeições Locais

No caso de elementos que fazem a ligação dos contraventados a pilares de contraventamento, usualmente vigas e lajes, deve ser considerada a tração decorrente do desaprumo do pilar contraventado (Figura 4).

Figura 4 - Imperfeições locais



Fonte: ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014)

No caso da verificação de um lance de pilar, deve ser considerado o efeito do desaprumo ou da falta de retilineidade do eixo do pilar (ver figuras 3-b e 3-c respectivamente). Admite-se que, nos casos usuais, a consideração apenas da falta de retilineidade ao longo do lance de pilar seja suficiente.

- Momento Mínimo

O efeito das imperfeições locais nos pilares pode ser substituído em estruturas reticuladas pela consideração do momento mínimo de 1ª ordem dado a seguir:

$$M_{1d,min} = N_d \cdot (0,015 + 0,03h) \quad (1)$$

h - altura total da seção transversal na direção considerada, em metros.

Nas estruturas reticuladas usuais admite-se que o efeito das imperfeições locais esteja atendido se for respeitado esse valor de momento total mínimo. A este momento devem ser acrescidos os momentos de 2ª ordem, quando for o caso.

2.1.2 Ações Variáveis

2.1.2.1 Ações Variáveis Diretas

As ações variáveis diretas são constituídas pelas cargas acidentais previstas para o uso da construção, pela ação do vento e da água, devendo-se respeitar as prescrições feitas por Normas Brasileiras específicas.

- Cargas acidentais previstas para o uso da construção: correspondem a cargas verticais de uso da construção; cargas móveis, considerando o impacto vertical; impacto lateral; força longitudinal de frenação ou aceleração; força centrífuga. Essas cargas devem ser dispostas nas posições mais desfavoráveis para o elemento estudado, conforme a NBR 6120 (ABNT, 2019).
- Ação do Vento: Os esforços decorrentes da ação do vento devem ser determinados segundo a ABNT NBR 6123 (ABNT, 2013).
- Ação da Água: o nível d'água adotado para cálculo de reservatórios, tanques, decantadores e outros deve ser igual ao máximo possível compatível com o sistema de extravasão. Nas estruturas em que a água de chuva possa ficar retida deve ser considerada a presença de uma lâmina de água correspondente ao nível da drenagem efetivamente garantida pela construção.

2.1.2.2 Ações Variáveis Indiretas

- Variação de Temperatura: Conforme a NBR 6118:2014, no item 11.4.2.1, a variação da temperatura da estrutura, causada pela variação da temperatura da atmosfera, é considerada uniforme. De maneira genérica podem ser adotados os seguintes valores de variações (dependendo das dimensões das peças): de 5°C até variações de 15°C.
- Ações Dinâmicas: Quando a estrutura, pelas suas condições de uso, está sujeita a choques ou vibrações, os respectivos efeitos devem ser considerados na determinação das solicitações e a possibilidade de fadiga deve ser considerada no dimensionamento dos elementos estruturais.

2.2 Levantamento das Cargas

2.2.1 Peso Próprio

Segundo a NBR 6118, no item 3.1.1.1, para a avaliação do peso próprio, admitir-se-á o peso específico do concreto de 25,0 kN/m³, daí se deduz que, para uma laje de altura h , o seu peso próprio por metro quadrado será de:

$$P_p = 25 \cdot h \quad (6)$$

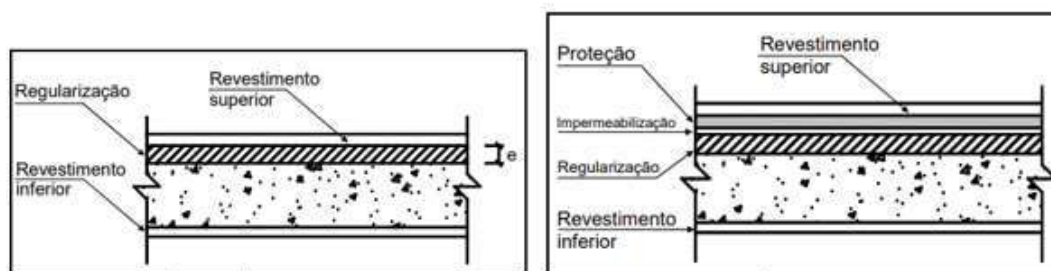
Com h em metros.

2.2.2 Revestimento

Segundo a ABNT NBR 6120 (ABNT, 2019), na falta de determinação experimental, devem-se adotar os pesos específicos aparentes dos materiais de construção mais frequentes conforme apresentados na norma.

Nas lajes existem dois revestimentos, inferior (forro) e o superior (piso) (Figura 5). O revestimento inferior pode ser de gesso ou de reboco comum, o superior, este sempre é mais carregado, podendo ser composto de diversos materiais, tais como: contra-piso, manta impermeabilizadora, revestimento em cerâmica, azulejos, ardósia, etc.

Figura 5 - Piso Acabado sem impermeabilização e reboco



Fonte: Adaptado de COSTA (2014)

2.2.3 Parede sobre as lajes

Em se tratando de paredes cuja posição não está definida no projeto, o cálculo dos pisos deve ser feito admitindo-se, além das demais cargas, uma carga uniformemente distribuída por metro quadrado de peso não menor do que um terço do peso por metro linear de parede pronta.

Deve-se ainda observar o valor mínimo de $1,0 \text{ kN/m}^2$. Os pesos de paredes são dados conforme as prescrições da ABNT NBR 6120 (ABNT, 1988)

Estima-se as cargas de parede por metro linear, o peso total de paredes (KN) será dado pelo produto da carga por metro pelo comprimento da parede. Nas lajes armadas em duas direções, divide-se o peso total da parede pela área da laje, obtendo-se uma carga suposta

2.2.4 Cargas Acidentais

Segundo a ABNT NBR 6120 (ABNT,2019) é toda aquela que pode atuar sobre a estrutura de edificações em função do seu uso (pessoas, móveis, materiais diversos, veículos etc.). As cargas verticais acidentais a serem consideradas nos pisos das edificações serão supostas uniformemente distribuídas e seus valores mínimos são dados conforme tabela 10 da norma. Ao longo de parapeitos e balcões deve ser considerada uma carga vertical mínima de $2,0 \text{ kN/m}$, associada a uma carga horizontal de $0,80 \text{ kN/m}$, atuando na altura do corrimão .

2.2.5 Ações do Vento

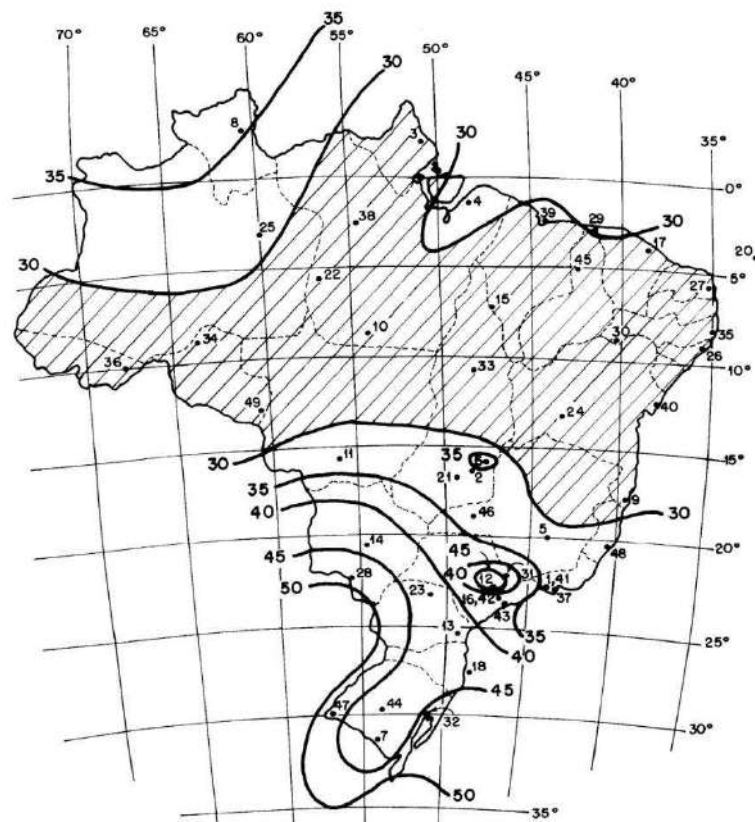
2.2.5.1 Velocidade Característica do vento (V_k)

A velocidade básica do vento estatisticamente avaliado é multiplicada pelos fatores S_1 , S_2 e S_3 para ser obtida a velocidade característica do vento, V_k , para a parte da edificação em consideração.

$$V_k = V_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (7)$$

- Velocidade básica do vento (V_0) - é a velocidade de uma rajada de 3s, excedida em média uma vez em 50 anos, a 10 m acima do terreno, em campo aberto e plano. Abaixo o quadro de isopetas (Figura 6) da velocidade básica no Brasil, com intervalos de 5 m/s .

Figura 6 - Isopletas de velocidade básica V_0 (m/s)



Fonte: ABNT NBR 6123 (ABNT, 1988)

- Fator topográfico S1 - terreno plano ou fracamente acidentado = 1,0; taludes e morros = 1,1; vales profundos, protegidos de ventos de qualquer direção = 0,9.
- Fator S2 (Rugosidade do Terreo)
 - **Categoria I:** mar calmo, lagos, rios, etc.
 - **Categoria II:** zonas costeiras, fazendas, pântanos com vegetação rala, etc.
 - **Categoria III:** granjas, subúrbios, fazendas, casas de campo, etc.
 - **Categoria IV:** zonas de parques, bosque, cidades pequenas, zonas industriais, etc.
 - **Categoria V:** florestas, centros de grandes cidades, etc.

Além disso, deve-se determinar a classe do edifício, que é determinada de acordo com as suas dimensões:

- **Classe A:** toda edificação na qual a maior dimensão horizontal ou vertical não exceda 20 m
 - **Classe B:** toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal esteja entre 20 m e 50 m.
 - **Classe C:** toda edificação ou parte de edificação para a qual a maior dimensão horizontal ou vertical da superfície frontal exceda 50 m.
- Fator estatístico S3 - considera o grau de segurança requerido e a vida útil da edificação. Seu valor é definido de acordo com as seguintes categorias (Tabela 1):

Tabela 1– Fator S3

Grupo	Descrição	S ₃
1	Edificações cuja ruína total ou parcial pode afetar a segurança ou possibilidade de socorro a pessoas após uma tempestade destrutiva (hospitais, quartéis de bombeiros e de forças de segurança, centrais de comunicação, etc.)	1,10
2	Edificações para hotéis e residências. Edificações para comércio e indústria com alto fator de ocupação	1,00
3	Edificações e instalações industriais com baixo fator de ocupação (depósitos, silos, construções rurais, etc.)	0,95
4	Vedações (telhas, vidros, painéis de vedação, etc.)	0,88
5	Edificações temporárias. Estruturas dos grupos 1 a 3 durante a construção	0,83

Fonte: ABNT NBR 6123 (ABNT, 1988)

2.2.5.2 Pressão Dinâmica

a velocidade característica do vento permite determinar a pressão dinâmica pela expressão:

$$q = 0,613.V_k^2 \quad (\text{pressão de obstrução}) \quad (8)$$

sendo (unidades SI): q em N/m² e V_k em m/s.

2.2.5.3 Coeficientes de Força

De um modo geral, uma componente qualquer da força global é obtida por:

$$F = C_F \cdot q \cdot A \quad (9)$$

Onde:

C_F = coeficiente de força, especificado em cada caso: C_x, C_y (coeficientes de força globais nas direções x e y,)

A = área de referência, especificada em cada caso a força global do vento sobre uma edificação ou parte dela,

F_a , é obtida pela soma vetorial das forças do vento que aí atuam. A componente da força global na direção do vento, força de arrasto F_a , é obtida por:

$$F_a = C_a \cdot q \cdot A_e \quad (10)$$

Onde:

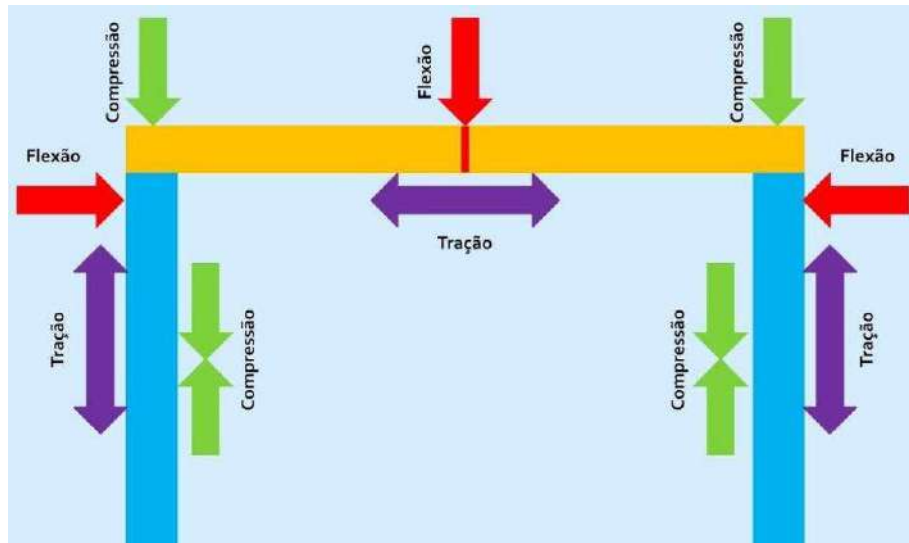
C_a = coeficiente de arrasto. Usado principalmente na avaliação da força global na estrutura, sendo determinado conforme item 6.3 da ABNT NBR 6123 (ABNT, 1998) e pode variar de: $0,7 \leq C_a \leq 2,2$, dependendo da forma da edificação.

A_e = área frontal efetiva: área da projeção ortogonal da edificação, estrutura ou elemento estrutural sobre um plano perpendicular à direção do vento ("área de sombra")

2.3 Esforços na Estrutura

Estrutura é todo conjunto de peças resistentes, convenientemente associadas, sendo que o conjunto além de sofrer a ação do peso próprio, pode estar sujeito a ação de esforços externos, os quais são devidamente distribuídos entre as peças deste conjunto. Os principais elementos estruturais são: vigas, pilares, tirantes e lajes. Esses elementos são dispostos na estrutura de modo a resistirem aos esforços, figura 7, de Momento Fletor, Força Normal, Força Cortante e Momento (KARVAT, 2016).

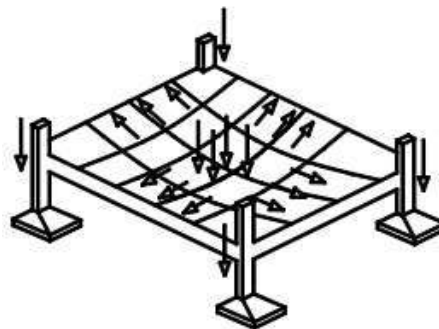
Figura 7 - Esforços na estrutura



Fonte: Revista Construa (2021)

A mecânica do funcionamento teórico da distribuição de cargas é muito simples, ou seja, as lajes suportam as cargas verticais e as transmitem para as vigas que, por sua vez as transmitem aos pilares que as descarregam nas fundações (Ver figura 8).

Figura 8 - Mecânica do funcionamento da estrutura



Fonte: COSTA (2019)

2.4 Concepção Estrutural

Trata-se da definição dos pontos na arquitetura em que serão posicionados as lajes, vigas e pilares. Uma boa concepção (lançamento) proporciona uma estrutura mais estável, leve e racional e, portanto, mais econômica. Para tal, o projetista deve trabalhar com o bom senso e obedecer a algumas regras básicas, tais como: Análise minuciosa da arquitetura para que se

mantenha a sua forma e o conjunto; posição de todos os pilares nas garagens, nos apartamentos e na cobertura; funcionamento da estrutura (contraventamento, distribuição de cargas, processos executivos etc.) (COSTA, 2019).

2.4.1 Análise do projeto de arquitetura

Antes do lançamento da estrutura o projetista deve observar atentamente todas as peculiaridades do projeto de arquitetura. Importante iniciar o estudo, preferencialmente, pelo pavimento tipo, com as seguintes observações: Analise todas as plantas baixas; Analise todos os cortes; verificação das possíveis diferenças de níveis nos diversos pavimentos; todas as fachadas; atenção especial às peculiaridades do pavimento térreo, pois este sempre merece maior atenção.

Um bom projeto de estruturas procura manter todas as características propostas pelo projetista arquitetônico. Para tal, faz-se necessário o empenho em desenvolver alguns estudos no sentido de se trabalharem soluções adequadas a cada caso. Deve-se fazer propostas alternativas e comparar os resultados de cada caso, elegendo-se o que produzir maior benefício com menor custo (COSTA, 2019).

2.4.2 Posicionamento dos pilares e vigas

No posicionamento das vigas e pilares deve-se priorizar a formação de pórticos com a união de vigas e pilares nas duas direções do edifício, de forma a garantir a rigidez do edifício para resistir a ações verticais (cargas) e horizontais (vento). A função dos pórticos também é distribuir esforços horizontais entre eles, e diminuir os deslocamentos horizontais nas duas direções.

Deve ser considerada a deformabilidade nas duas direções do edifício. Para garantir mais rigidez, deve-se tentar posicionar a maior dimensão dos pilares no sentido da menor direção do edifício, de modo que a maior inércia do pilar contribua no sentido de menor inércia do edifício.

Sobre as dimensões dos pilares, o valor de h_x é definido preferencialmente como segundo a espessura das paredes (afim de evitar requadros nas áreas internas), podendo ser alterado posteriormente, se for necessário. Os valores de h_y dependem de um pré-dimensionamento ou do próprio dimensionamento dos pilares. Se possível, deve-se manter a prumada (alinhamento vertical) do pilar, evitando vigas de transição. As vigas de transição

devem ser evitadas porque podem provocar maior altura da viga (podendo prejudicar a arquitetura), maior taxa de armadura, dificuldade de execução e aumento do custo.

A solução adotada para os pilares em um pavimento, notadamente servirá para os demais, excetuando alguns casos em que o projetista se vê obrigado a fazer uso de vigas de transição. Diante disto, deve-se sempre procurar solucionar a estrutura pelo pavimento que mais se repete, pois desta forma, se houver problemas, estes ocorrerão somente em um pavimento. De modo geral, procura-se fazer com que as vigas coincidam com as paredes, salvo quando os cômodos tiverem dimensões muito pequenas, onde se procura eliminar algumas vigas. Atualmente, com o alto custo da madeira, torna-se necessário que se otimize a utilização de formas. Para tal, a solução é a adoção de lajes com vãos maiores e a homogeneização das alturas das vigas. Um bom projeto não possui mais do que três dimensões para estas, em um mesmo pavimento. Os pilares são, geralmente, locados em canto e pontos de encontro de vigas, não devendo ser espaçados menos de 2,0 metros, nem mais que 8,0 metros, salvo em casos especiais, sendo considerado espaçamento econômico de 4,5 m a 5,5 m. Uma boa economia se obtém com o máximo de igualdade entre os vãos. Isto feito cumpre analisar os pontos mais delicados do pavimento. A estrutura deve ser lançada, tendo-se em mente as posições em que os pilares ocuparão nos cômodos, as dimensões, direções e larguras das vigas. (COSTA, 2019)

2.4.3 Classe de agressividade

Segundo a NBR 6118 (item 6.4.1), “A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas.” Nos projetos das estruturas correntes, a agressividade ambiental deve ser classificada de acordo com o apresentado na Tabela 02 e pode ser avaliada, simplificada, segundo as condições de exposição da estrutura ou de suas partes (item 6.4.2). Conhecendo o ambiente em que a estrutura será construída, o projetista estrutural pode considerar uma condição de agressividade maior que aquelas mostradas na Tabela 03.

Tabela 2 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal para $\Delta c = 10 \text{ mm}$

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural Submersa	Insignificante
II	Moderada	Urbana ^{a, b}	Pequeno
III	Forte	Marinha ^a Industrial ^{a, b}	Grande
IV	Muito forte	Industrial ^{a, c} Respingos de maré	Elevado
^a 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). ^b 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. ^c Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

A NBR 6118 (item 7.4.7.1) define o cobrimento mínimo da armadura como “o menor valor que deve ser respeitado ao longo de todo o elemento considerado.” Para garantir o cobrimento mínimo ($c_{\min}$), o projeto e a execução devem considerar o cobrimento nominal (c_{nom}), que é o cobrimento mínimo acrescido da tolerância de execução (Δc). As dimensões das armaduras e os espaçadores devem respeitar os cobrimentos nominais.

A Tabela 7 (NBR 6118, item 7.4.7.2) apresenta valores de cobrimento nominal com tolerância de execução (Δc) de 10 mm, em função da classe de agressividade ambiental.

Tabela 3 – Classes de agressividade Ambiental

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classes de agressividade Ambiental			
		I	II	III	IV ^c
		Cobrimento Nominal			
Concreto armado	Laje ^b	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo ^d	300		40	50

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

^b 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 ≥ 15 mm.

^c 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.

^d No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: ABNT NBR 6118 (2014)

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c \quad (44)$$

2.4.4 Pré-Dimensionamento

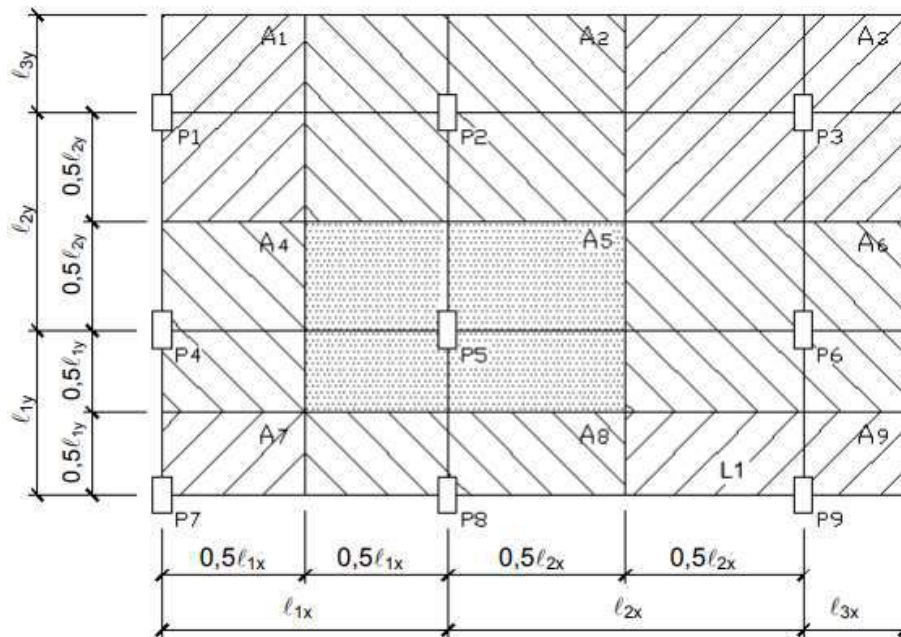
a) Pré-Dimensionamento dos Pilares

Quanto mais simétrico for a estrutura menos esforços são transferidos para os pilares, pois quando o pórtico é simétrico há uma compatibilização dos momentos, diminuindo a descontinuidade dos esforços. Quando há uma descontinuidade nos momentos, esse momento é absorvido pelo pilar, conseqüentemente solicitando mais a estrutura

Inicia-se o pré-dimensionamento dos pilares estimando-se sua carga, por exemplo, através do processo das áreas de influência (Figura 9). Este processo consiste em dividir a área total do pavimento em áreas de influência, relativas a cada pilar e, a partir daí, estimar a carga

que eles irão absorver neste pavimento. A área de influência de cada pilar pode ser obtida dividindo-se as distâncias entre seus eixos ao meio.

Figura 9 - Área de influência dos pilares



Fonte: COSTA (2019)

Simplificadamente, todos os pavimentos são considerados iguais ao pavimento tipo. Para o pré-dimensionamento dos pilares é adotado o pavimento imediatamente acima da fundação, uma vez que a carga total do edifício é descarregada nestes. Para estimar a carga neste pilar utilizamos a expressão:

$$A_c = \frac{N_d}{0,85 f_{cd} + \rho \sigma_{sd} 0,002} \quad (2)$$

Sendo:

- A_c – área da seção de concreto (m^2)

$$A_c = h_x \cdot h_y \quad (3)$$

h_x – Menor dimensão da seção do pilar;

h_y – Maior dimensão da seção do pilar;

- N_d – Força Normal de Cálculo (Carga de projeto)

$$N_d = (N_k * \gamma_n * \gamma_c) * \gamma_\alpha \quad (4)$$

$$N_k = A * q * n \quad (5)$$

- N_k – Força Normal Característica : é o carregamento ao qual o pilar está sendo submetido (Usualmente é utilizado uma carga entre 10 e 12 KN/m²)
- A – Área de influência do pilar
- q - carregamento total (peso próprio, revestimento e carga acidental) aplicado no pavimento (kN/m²). Para edificações comerciais e residenciais como carregamento pode-se adotar no mínimo 10kN/m².
- n - número de pavimentos que influenciam no pilar em questão
- γ_n – Coeficiente adicional. A seção transversal de pilares e pilares-parede maciços, qualquer que seja a sua forma, não pode apresentar dimensão menor que 19 cm. Em casos especiais, permite-se a consideração de dimensões entre 19 cm e 14 cm, desde que se multipliquem os esforços solicitantes de cálculo a serem considerados no dimensionamento por um coeficiente adicional γ_n , de acordo com o indicado na Tabela 04. Em qualquer caso, não se permite pilar com seção transversal de área inferior a 360 cm².

Tabela 4 – Valores do coeficiente adicional γ_n para pilares e pilares-parede

b (cm)	≥ 19	18	17	16	15	14
γ_n	1,00	1,00	1,10	1,15	1,20	1,25

onde

$\gamma_n = 1,95 - 0,05 b$;

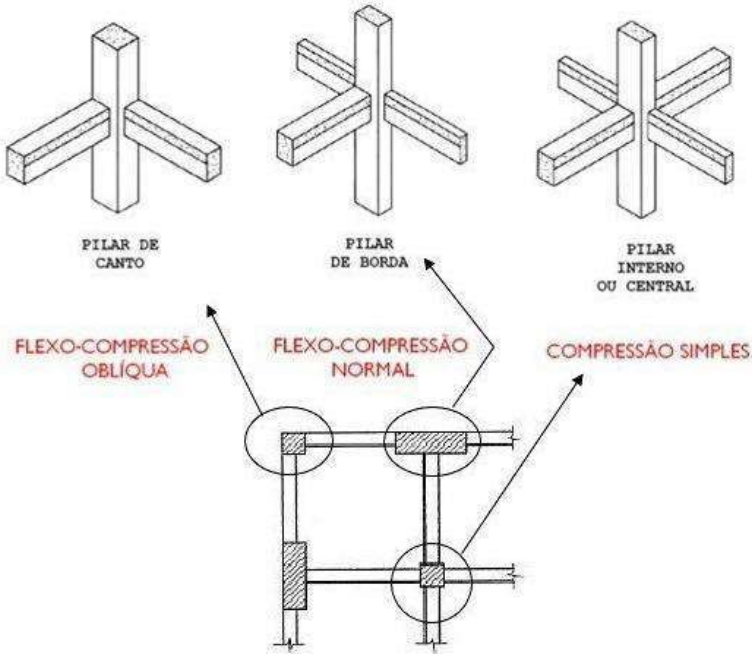
b é a menor dimensão da seção transversal, expressa em centímetros (cm).

NOTA O coeficiente γ_n deve majorar os esforços solicitantes finais de cálculo quando de seu dimensionamento.

Fonte: ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014)

- γ_c - Coeficiente de majoração dos carregamentos. Conforme item 11.7.1 da ABNT NBR 6118 (2014) é utilizada a combinação das ações normais $\gamma_f = 1,4$
- γ_α – Coeficiente de majoração referente ao tipo de pilar, quanto a posição: 1,3 Pilar Interno; 1,6 pilar de borda, 1,8 Pilar de Canto (Figura 10).

Figura 10 - Casos de carregamentos nos pilares



Fonte: Revista Construa (2021)

- f_{cd} - Resistência a compressão de cálculo do concreto em MPa: $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$, sendo $\gamma_c = 1,4$ o coeficiente de majoração dos esforços
- ρ – Taxa de armadura na seção transversal do pilar variando entre 0,4% (valor mínimo) até 8,0% (valor máximo, inclusive nas regiões onde há a necessidade de transpasse).
- $\sigma_{sd\ 0,002}$ – Tensão resistente do pilar a uma taxa de 2% de armadura

Os carregamentos do Reservatório Superior não devem ser desprezados. Uma forma simplificada de se determinar este carregamento é a consideração dessa carga como sendo 1,5 vezes o valor da massa de água que esse reservatório armazena em sua capacidade máxima .

b) Pré-Dimensionamento das Vigas

Para o pré-dimensionamento da altura das vigas (h), é levado em consideração a sua classificação (Balanço, Bi apoiada e Contínua) e o seu vão efetivo (l). Segundo PINHEIRO (2020), é recomendável o seguinte critério:

- Viga em balanço: $h = \frac{l}{7}$
- Viga bi apoiada: $h = \frac{l}{10}$
- Viga contínua: $h = \frac{l}{12}$

Segundo CARVALHO (2014) pode-se adotar os seguintes valores para a largura de vigas (b_w):

- $b_w = 12$ cm (vão ≤ 4 m). É o valor mínimo para a base de vigas, segundo o item 13.2.2 da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014)
- $b_w = 13$ a 25 cm (4 m $\leq$ vão ≤ 8 m)
- $b_w \geq 25$ (vão ≥ 8 m)

No entanto, na maioria dos casos, a largura da viga será escolhida de maneira que a mesma fique embutida na alvenaria. É recomendado que as alturas das vigas sejam padronizadas, se possível, em dimensões múltiplas de 5 cm.

c) Pré-Dimensionamento das Lajes

Segundo a norma ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), para lajes maciças as alturas limites a serem respeitadas são:

- 7 cm para cobertura não em balanço;
- 8 cm para lajes de piso não em balanço;
- 10 cm para lajes em balanço ou 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.
- Segundo CARVALHO (2014), que toma como referência o menor vão da laje (L_x), para o pré-dimensionamento da altura (h) de uma laje maciça, tem-se:
- $\frac{L_x}{40} \leq h \leq \frac{L_x}{30}$

2.5 Modelos de Cálculo

A concepção de um projeto estrutural de uma edificação é um trabalho predominantemente intelectual, requer conhecimento teórico e prático, oportuniza grandes desafios e implica em grandes responsabilidades. A elaboração do mesmo pode ser subdividido em quatro partes fundamentais: concepção estrutural, análise estrutural, dimensionamento e detalhamento, e por último a plotagem das plantas finais (KIMURA, 2018). Segundo Kimura (2018), a análise estrutural é a etapa mais importante de todo o projeto de edifícios, pois é irrelevante dimensionar as armaduras dos elementos estruturais de forma extremamente refinada se os esforços calculados não representam o modelo real da estrutura.

De acordo com a NBR 6118, ABNT (2014), a análise estrutural precisa ser realizada por meio de um modelo estrutural apropriados sendo alguns modelos permitidos: vigas contínuas, grelhas e pórticos espaciais, e dependendo do projeto torna-se necessário o emprego de mais de um modelo para proceder às averiguações previstas nessa norma.

2.5.1 Viga Contínua

O modelo de viga contínua baseia-se em separar as vigas de uma edificação, as quais normalmente estão submetidas às seguintes cargas: peso próprio, esforços oriundos das lajes, das alvenarias, outras vigas, entre outros. Os carregamentos usualmente são aplicados no eixo de simetria das vigas as quais estão apoiadas ao menos em um apoio (FONTES, 2005). Conforme Benincá (2016), esses apoios podem ser um pilar ou uma viga. O referido modelo determina somente esforços cortantes e momentos fletores, sendo desprezados os esforços normais, pois não influem consideravelmente no resultado final (LINS, 2010). Segundo Lins (2010), o modelo de viga contínua (Figura 11) apesar de ser um modelo mais simples quando utilizado de forma adequada, possibilita resultados bem convincentes.

Figura 11 - Viga contínua

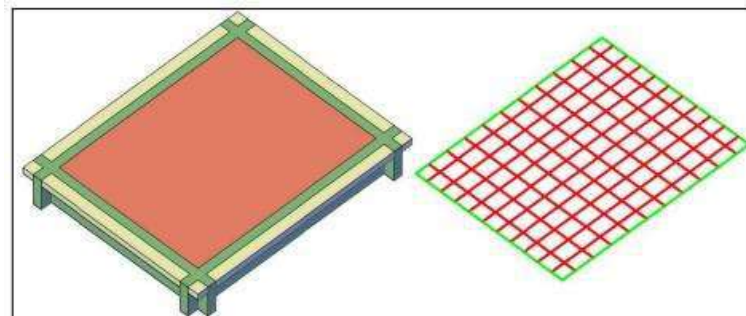


Fonte: Guia da Engenharia, Filipe Marinho (2019)

2.5.2 Grelha

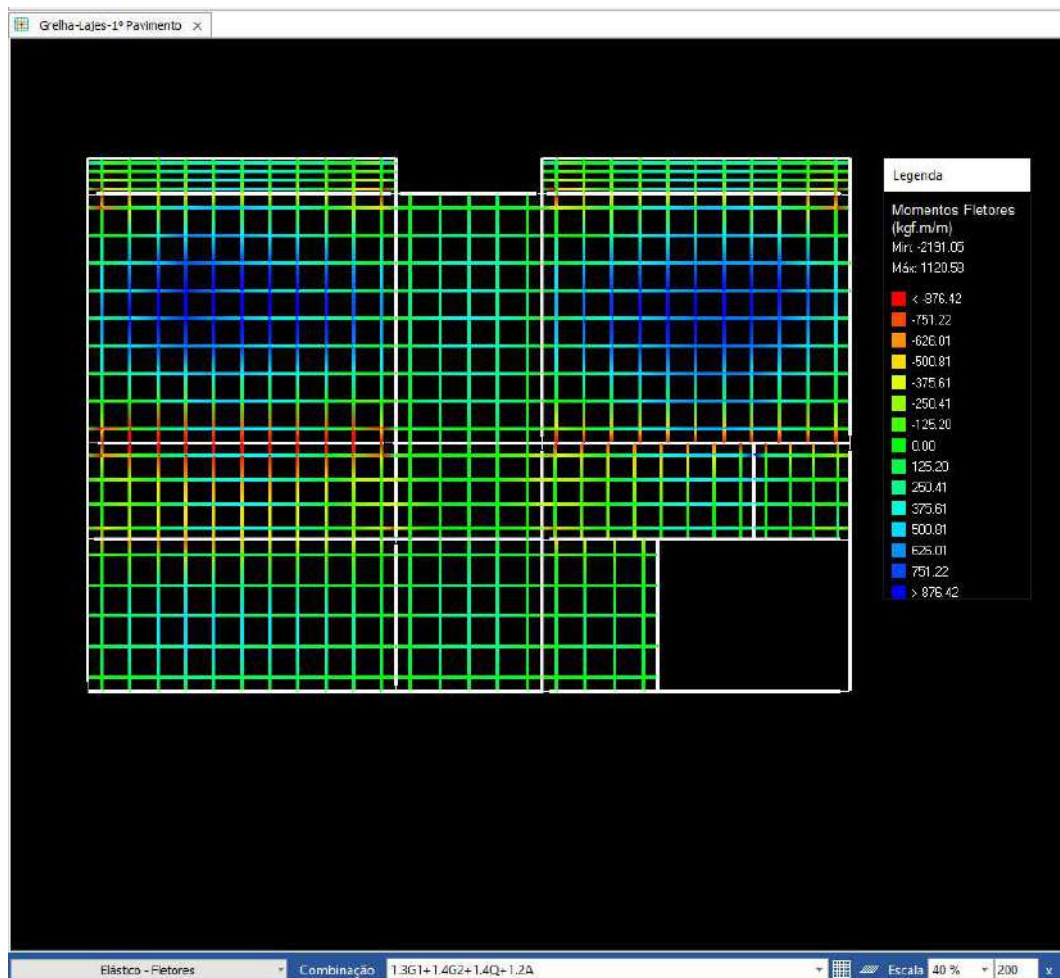
Para análise de um pavimento pode empregar-se o modelo de grelha, o qual é constituído por uma malha formada por barras que representam as lajes e as vigas (Figura 12 e Figura 13), inseridas no plano horizontal (KIMURA, 2018).

Figura 12 - Modelo de Grelhas



Fonte: Ribeiro (2017)

Figura 13 - Modelo de grelha Eberick



Fonte: Autoria Própria (2022)

Conforme Kimura (2018), cada laje é dividida em vários alinhamentos de barras, as quais são posicionadas em duas direções: principal e secundária, essas barras normalmente são adotadas com comprimento não superior a 50 cm. Em locais com elevada ocorrência de esforços emprega-se uma malha com mais barras a fim de ter-se uma análise com maior detalhamento. Nesse modelo após a aplicação das cargas verticais nas barras, os esforços se distribuem conforme a rigidez de cada uma delas, migrando diretamente para as zonas de maior rigidez. Além disso, Barboza (2008) afirma que o modelo de grelhas é um modelo virtual muito próximo da estrutura real do pavimento de um edifício.

2.5.3 Pórtico Plano

No método do pórtico plano as vigas e pilares são simplificadas e representadas por barras, formando quadros entre si. Este tipo de análise pode ser feita por uma associação plana de painéis, posicionando-se os pórticos e pilares-parede da direção analisada sequencialmente num plano e interligando-os em cada pavimento por barras rotuladas em suas extremidades. Essas rótulas são essenciais para que não haja a introdução de momentos fletores adicionais nos pórticos.

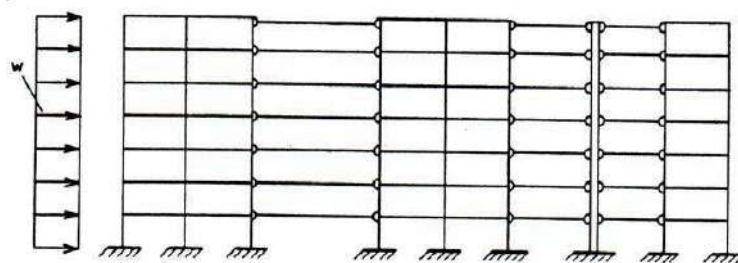
A presença das lajes atuando, por hipótese, como um diafragma rígido (rigidez infinita em seu plano) provoca uma compatibilidade de deslocamentos em qualquer ponto do pavimento quando presentes as ações horizontais.

Assim, as barras rotuladas de interligação dos pórticos, como também as vigas, devem ser introduzidas no modelo com elevada área da seção transversal para que não ocorra deformação axial nas mesmas, o que ocasionaria deslocamentos diferenciados ao longo de uma mesma linha horizontal da associação, contrariando a hipótese do diafragma rígido.

É necessário salientar que para as vigas somente deve-se alterar a área da seção transversal mantendo-se as características geométricas reais, como por exemplo momento de inércia.

A associação plana de painéis assim idealizada é então submetida às ações horizontais de vento integrais atuantes na face do edifício perpendicular à direção a que pertencem os pórticos, sendo obtidos os esforços solicitantes em vigas e pilares com o uso de programas computacionais que se utilizem, por exemplo, do Processos dos Deslocamentos (Figura 14).

Figura 14 - Modelo de associação de painéis



Fonte: GIONGO (2007)

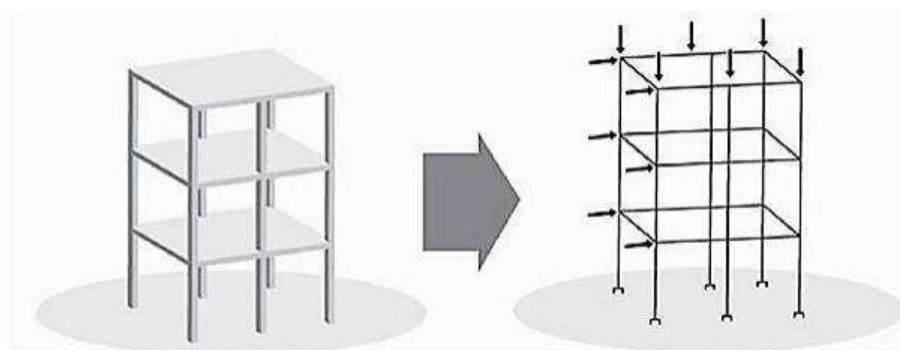
Em virtude da fissuração, inevitáveis em estruturas de concreto armado, é razoável ainda considerar uma inércia reduzida para vigas e pilares, a fim de simular a perda real desta. O valor dessa redução deve estar em torno de 20% para os pilares e 60% para as vigas.

Outro aspecto a destacar é referente ao efeito geométrico de torção global do edifício quando o vento atua em uma direção que não apresenta simetria estrutural. Naturalmente, os resultados de esforços solicitantes gerados pelo modelo de associação plana de painéis não contemplam esse efeito. Os momentos torçores em vigas também não aparecem nos resultados deste modelo.

2.5.4 Pórtico Espacial

O pórtico espacial é um modelo inserido em um espaço tridimensional, tendo maior precisão na análise estrutural, pois engloba todos os esforços no procedimento de cálculo em cada um dos seus elementos (LINS, 2010). As estruturas dos prédios usualmente são formadas por pórticos espaciais conectadas às lajes de cada pavimento, formando assim uma estrutura em 3 dimensões compostas por barras e lajes (ARAÚJO, 2010). No cálculo do pórtico espacial são realizadas algumas simplificações: desconsidera-se as lajes (Figura 15) pois as mesmas iriam tornar o cálculo excessivamente trabalhoso além de ter-se incertezas quanto ao carregamento, rigidez dos elementos, entre outros. Dessa forma, efetua-se o cálculo das lajes separadamente dos pilares e vigas. Tornando assim, o cálculo mais simples e a favor da segurança (ARAÚJO, 2010).

Figura 15 - Modelo de pórtico espacial



Fonte: KIMURA (2018)

Conforme Kimura (2018), devido as lajes não serem consideradas no modelo, para compensar isso pode-se enrijecer as vigas nas laterais ou manipular internamente os cálculos de matrizes.

2.6 Dimensionamento

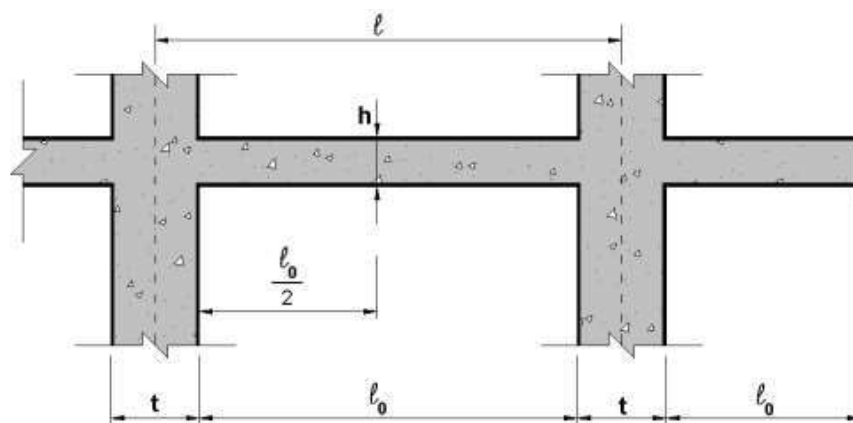
2.6.1 Lajes

Lajes são elementos planos, em geral horizontais, com duas dimensões muito maiores que a terceira, sendo esta denominada espessura. A principal função das lajes é receber os carregamentos atuantes no andar, provenientes do uso da construção (pessoas, móveis e equipamentos), e transferi-los para os apoios. Nos edifícios usuais, as lajes maciças têm grande contribuição no consumo de concreto: aproximadamente 50% do total.

2.6.2 Vãos

No projeto de lajes, a primeira etapa consiste em determinar os vãos livres (l_0), os vãos teóricos (l) e a relação entre eles (Figura 16).

Figura 16 - Vão livre e vão teórico



Fonte: PINHEIRO (2007)

Em relação as suas dimensões a laje pode ser classificada quanto ao seu valor de λ .

Sendo $\lambda = l_y/l_x$:

- $\lambda \leq 2$ – Laje armada em duas direções;
- $\lambda > 2$ – Laje armada em uma direção;

2.6.3 Condições de Vinculação

Existem, basicamente, três tipos: borda livre, borda simplesmente apoiada e borda engastada. A borda livre caracteriza-se pela ausência de apoio, apresentando, portanto, deslocamentos verticais. Nos outros dois tipos de vinculação, não há deslocamentos verticais. Nas bordas engastadas, também as rotações são impedidas. Este é o caso, por exemplo, de lajes que apresentam continuidade, sendo o engastamento promovido pela laje adjacente.

Na tabela 4 são apresentados alguns casos de vinculação, com bordas simplesmente apoiadas e engastadas. Nota-se que o comprimento total das bordas engastadas cresce do caso 1 até o 6, exceto do caso 3 para o 4A.

Figura 17 – Apoios das Lajes

Caso	Vinculação	Caso	Vinculação	Caso	Vinculação
1		2A		2B	
Quatro bordas simplesmente apoiadas		Uma borda menor engastada		Uma borda maior engastada	
3		4A		4B	
Duas bordas adjacentes engastadas		Duas bordas menores engastadas		Duas bordas maiores engastadas	
5A		5B		6	
Uma borda maior apoiada		Uma borda menor apoiada		Quatro bordas engastadas	

Fonte: BASTOS (2017)

2.6.4 Reações de Apoio

O cálculo das reações de apoio das lajes pode ser feito por meio das tabelas que são baseadas no Processo das Áreas, indicado no item 14.7.6.1 da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014)

Com esse processo, tem-se tabelas com coeficientes adimensionais tabelados: v_x , v'_x , v_y e v'_y . O x representa a direção de uma faixa, neste caso o lado P_x . O v'_x corresponde ao valor quando a borda é engastada, o v_y corresponde a uma faixa na direção do vão P_y e o v'_y é relativo à mesma faixa mas se encontrar com a borda engastada.

Esses valores dependem das condições de apoio e da relação $\lambda = P_y/P_x$. E os valores tabelados são multiplicados da seguinte forma:

$$v_x = v_x \frac{p \cdot l_x}{10} \quad (13.1)$$

$$v'_x = v'_x \frac{p \cdot l'_x}{10} \quad (13.2)$$

$$v_y = v_y \frac{p \cdot l_x}{10} \quad (13.3)$$

$$v'_y = v'_y \frac{p \cdot l'_x}{10} \quad (13.4)$$

O fator de multiplicação depende de P_x para todos os casos.

O v é indicado com letra minúscula pois corresponde a força por unidade de largura (KN/m).

2.6.5 Momentos fletores das lajes isoladas

O cálculo dos momentos fletores será feito para lajes admitidas isoladas, ou seja, não será considerada ainda a interferência com lajes vizinhas.

Com o procedimento ora apresentado, semelhante ao usado para as reações de apoio, tem-se tabelas com coeficientes adimensionais tabelados, μ_x , μ'_x , μ_y e μ'_y , que dependem das condições de apoio e da relação $\lambda = l_y/l_x$.

Os momentos fletores por unidade de largura são dados pelas expressões:

$$m_x = \mu_x \cdot \frac{p \cdot l_x}{100} \quad (14.1)$$

$$m'_x = \mu'_x \cdot \frac{p \cdot l_x}{100} \quad (14.2)$$

$$m_y = \mu_y \cdot \frac{p \cdot l_x}{100} \quad (14.3)$$

$$m'_y = \mu'_y \cdot \frac{p \cdot l_x}{100} \quad (14.4)$$

Os momentos m_x e m'_x são momentos fletores na direção do vão l_x . E os momentos m_y e m'_y são momentos fletores na direção do vão l_y . É como se tivéssemos uma faixa na direção desse vão, então os momentos ficariam localizados nessa faixa.

O m é indicado com letra minúscula, pois refere-se a momento por unidade de largura ($\text{kN} \cdot \text{m/m}$).

2.6.6 Compatibilização dos Momentos Fletores

Os momentos são calculados como se fossem de engastamento perfeito. Porém, em geral, os momentos negativos são diferentes de cada lado dos apoios, havendo necessidade de compatibilização (feita independentemente para cada direção).

- Critério para momentos negativos

Se os momentos são diferentes de cada lado: adota-se maior valor entre a média e 0,8 do maior momento. Se $m = 0$ de um lado, utiliza-se o momento calculado do outro lado.

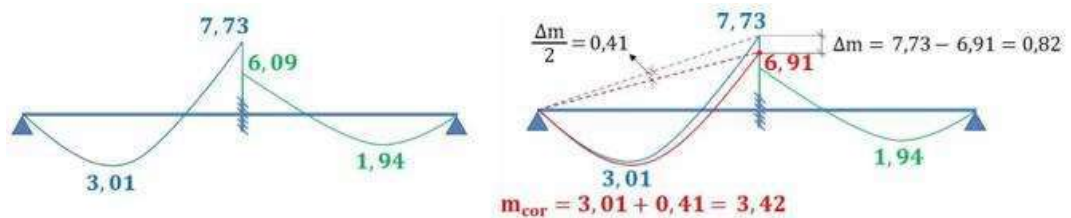
- Critério para momentos positivos

Quando o momento positivo aumenta, ele deve ser corrigido. Quando diminui, não deve ser corrigido, ou seja, não se deve diminuir o momento positivo, devido à compatibilização.

Também se pode dizer que não deve ser considerado momento positivo menor do que aquele que existia antes da compatibilização dos momentos negativos.

Exemplo:

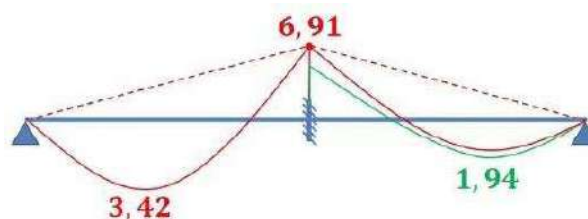
Figura 18 - Diagrama de momento fletor de uma laje



Fonte: Adaptado de PINHEIRO (2020)

O diagrama a seguir mostra que o momento positivo diminuiria. A ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014) dá uma recomendação para vigas que será aplicada para as lajes: não se deve considerar momento positivo menor do que aquele relativo a engastamento perfeito nos apoios. Dessa forma, mantém-se o momento igual a 1,94, como na figura 19.

Figura 19 - Diagrama de momento fletor corrigido



Fonte: PINHEIRO (2020)

2.6.7 Verificação

a) Momento de Fissuração

A peça será admitida fissurada se o momento m_a ultrapassar o momento de fissuração, dado por (item 17.3 da NBR 6118, 2014):

$$m_r = \frac{\alpha \cdot f_{ct} \cdot I_c}{y_t} \quad (15)$$

$$f_{ct} = f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{\frac{2}{3}} \quad (16)$$

$$I_c = \frac{bh^3}{12} \quad (17)$$

- $\alpha = 1,5$ (para seção retangular)
- $y_t = \frac{h}{2}$ (distância do centro de gravidade à fibra mais tracionada)

b) Flecha

- Flecha Imediata (a_i)

$$a_i = \frac{\alpha}{100} \cdot \frac{b}{12} \cdot \frac{pl_x^4}{E_c I_c} \quad (18)$$

$$E_c = E_{cs} = 5600 \sqrt{f_{ck}} \quad \text{Módulo de Elasticidade secante} \quad (19)$$

- α é o coeficiente adimensional tabelado em função do tipo de vinculação

- $b = 100$ cm

- $l_x = \text{menor vão}$

- Flecha Diferida (a_f)

Segundo o item 17.3.1.1.2 da NBR 6118 (2014), a flecha adicional diferida, decorrente das cargas de longa duração, em função da fluência, pode ser calculada de maneira aproximada pela multiplicação da flecha imediata pelo fator α_f dado por:

$$\alpha_f = \frac{\Delta \xi}{1 + 50 \rho'} \quad (20)$$

$$\rho' = \frac{A'_s}{b \cdot d} \quad (21)$$

$$\Delta \xi = \xi(t) - \xi(t_0) \quad (22)$$

— A'_s é a armadura de compressão, no caso de armadura dupla

- ξ é um coeficiente em função do tempo
- t é o tempo em meses quando se deseja o valor da flecha
- t_0 é o tempo a remoção das escoras

$$\xi(t) = 0,68 (0,996^t) t^{0,32} \quad \text{para } t \leq 70 \text{ meses} \quad (22.1)$$

$$\xi(t) = 2 \quad \text{para } t > 70 \text{ meses} \quad (22.2)$$

Tabela 5 - Coeficiente ξ x t

Tempo (t) meses	0	0,5	1	2	3	4	5	10	20	40	≥ 70
Coeficiente $\xi(t)$	0	0,54	0,68	0,84	0,95	1,04	1,12	1,36	1,64	1,89	2

Fonte: PINHEIRO (2009)

Portanto a flecha diferida é dada por:

$$a_d = \alpha_f \cdot a_i \quad (23)$$

- Flecha Limite (a_{lim})

As flechas obtidas conforme os itens anteriores não devem ultrapassar os deslocamentos limites estabelecidos na Tabela 18 da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), na qual há várias situações a analisar. Uma delas, que pode ser a situação crítica, corresponde ao limite para o deslocamento total, relativo à aceitabilidade visual dos usuários, dado por:

$$a_{lim} = \frac{l_x}{250} \quad (24)$$

- Flecha Total (a_t)

A flecha total é dada pela soma da flecha imediata com a flecha diferida:

$$\begin{aligned} a_t &= a_i + a_f \\ a_t &= a_i (1 + \alpha_f) \end{aligned} \quad (25)$$

Vigas são “elementos lineares em que a flexão é preponderante” (NBR 6118: 2014, item 14.4.1.1). Portanto, os esforços predominantes são: momento fletor e força cortante. Nos edifícios, em geral, as vigas servem de apoio para lajes e paredes, conduzindo suas cargas até os pilares. Como o efeito do vento não será considerado, as vigas serão dimensionadas para resistir apenas às ações verticais.

2.6.8.1 Valor limite do momento fletor

Valor limite do momento fletor é o máximo momento fletor de cálculo que a seção resiste com armadura simples. O máximo momento fletor de cálculo que a seção resiste com armadura simples é o momento fletor de cálculo relativo a β . O coeficiente adimensional β é dado por:

$$\beta_x = \frac{x}{d} \quad (26)$$

O valor x é a posição da linha neutra e d , a altura útil. Segundo a ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), no item 14.6.4.3, o comportamento da seção é dúctil no ELU (Estado limite ultimo) se forem respeitados os limites:

$$\beta_{x,lim} = 0,45 \text{ para } f_{ck} \leq 50 \text{ Mpa}$$

O cálculo de M_d para seção retangular sujeita a flexão simples é dada pela seguinte equação:

$$k_c = \frac{b \cdot d^2}{M_d} \quad \therefore M_d = \frac{b \cdot d^2}{k_c} \text{ (kN.cm)} \quad (27)$$

O cálculo da altura útil d , considerando barras em uma camada, é feito da seguinte forma:

$$d = h - \left(c + \phi_t + \frac{\phi_l}{2} \right) \quad (28)$$

Sendo:

- h : altura da seção transversal
- c : cobrimento da armadura

- ϕ_t : Espessura da armadura transversal
- ϕ_l : Espessura da armadura longitudinal

2.6.8.2 Valor limite da força cortante de cálculo

A verificação da resistência do concreto ao cisalhamento, de acordo com a ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), item 17.4.2.1, é feita com base na resistência da diagonal comprimida de concreto, de modo que:

$$V_{sd} \leq V_{Rd2} \quad (29)$$

V_{sd} - Força cortante solicitante de cálculo, na seção, dada por:

$$V_{sd} = \gamma_f \cdot V_k \quad (30)$$

V_{Rd2} - Força cortante resistente de cálculo relativa à ruptura da diagonal comprimida de concreto:

$$V_{Rd2} = 0,27 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot d \quad (31)$$

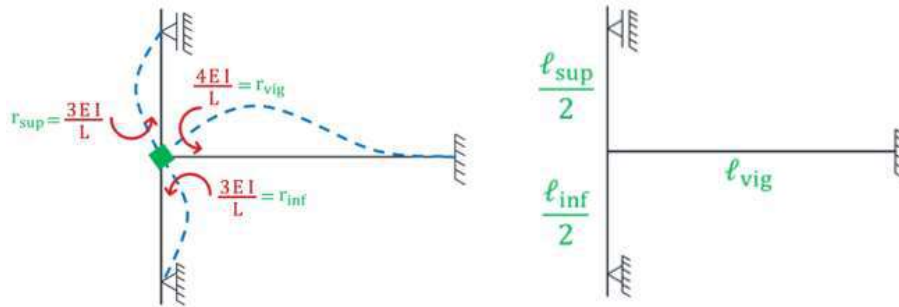
O valor de f_{cd} deve ser em usado em kN/cm², e α_{v2} é calculado com valores de f_{ck} em MPa:

$$\alpha_{v2} = \left[1 - \frac{f_{ck}}{250} \right] \quad (32)$$

2.6.8.3 Momento nas Extremidades das vigas junto aos pilares

Para determinação do momento nas extremidades das vigas junto aos pilares, pode-se utilizar o processo simplificado do nó adjacente engastado (Figura 20). A ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), no item 14.6.6.1.c, permite a seguinte aproximação em apoios extremos:

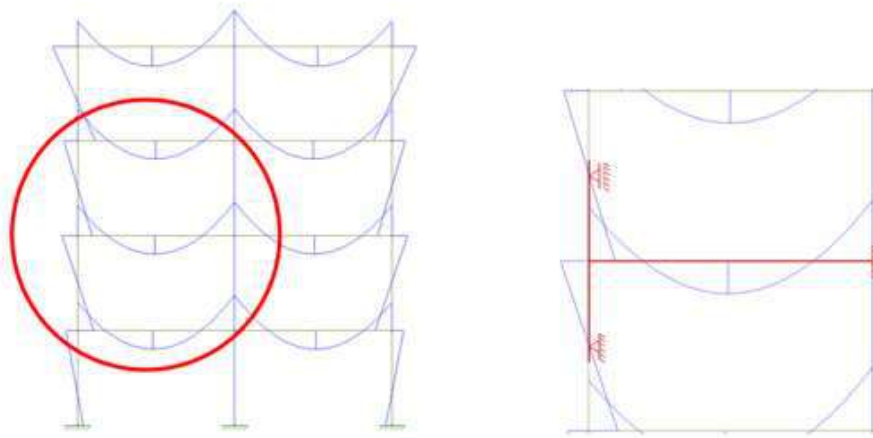
Figura 20 - Nó adjacente engastado



Fonte: Adaptado de PINHEIRO (2020)

Para exemplificar esta aproximação, mostra-se a seguir um pórtico plano representando um edifício (Figura 21), com seu respectivo diagrama de momentos fletores. O trecho do edifício delimitado pelo círculo vermelho foi ampliado para mostrar onde o pórtico simplificado da norma poderia ser imaginado:

Figura 21 - Nó adjacente engastado no pórtico plano



Fonte: Adaptado de PINHEIRO (2020)

No desenho simplificado na norma, considera-se o nó da direita engastado e o da esquerda rígido, com um giro unitário no sentido anti-horário. Dessa maneira, surgem os momentos fletores indicados pelas setas na figura a seguir.

Esses valores definem a rigidez do elemento, seja o pilar superior, o pilar inferior ou a viga, e são chamados de rigidezes à flexão.

$$r_{\text{sup}} = \frac{3 E I}{L} = \frac{3 E I_{\text{sup}}}{\frac{\ell_{\text{sup}}}{2}} \rightarrow r_{\text{sup}} = \frac{6 E I_{\text{sup}}}{\ell_{\text{sup}}} \quad (33)$$

$$r_{\text{inf}} = \frac{3 E I}{L} = \frac{3 E I_{\text{inf}}}{\frac{\ell_{\text{inf}}}{2}} \rightarrow r_{\text{inf}} = \frac{6 E I_{\text{inf}}}{\ell_{\text{inf}}} \quad (34)$$

$$r_{\text{vig}} = \frac{4 E I}{L} \rightarrow r_{\text{vig}} = \frac{4 E I_{\text{vig}}}{\ell_{\text{vig}}} \quad (35)$$

O momento na extremidade das vigas junto aos pilares é dado por:

$$M_{\text{vig}} = M_{\text{eng}} \frac{r_{\text{inf}} + r_{\text{sup}}}{r_{\text{vig}} + r_{\text{inf}} + r_{\text{sup}}} \quad (36)$$

2.6.9 Pilares

Pilares podem ser definidos como elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014). O dimensionamento dos pilares é feito em função dos esforços externos solicitantes de cálculo, que compreendem as forças normais (N_d), os momentos flettores (M_{dx} e M_{dy}) e as forças cortantes (V_{dx} e V_{dy}) no caso de ação horizontal. (BASTOS, 2017)

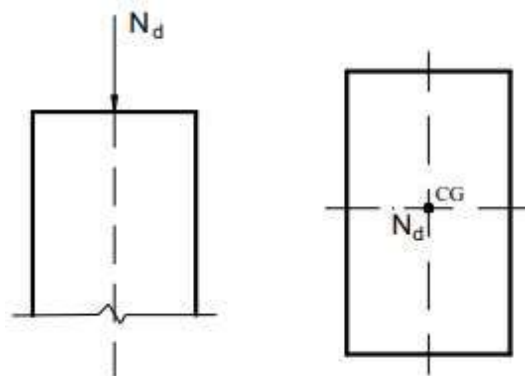
2.6.9.1 Solicitações

Os pilares podem estar submetidos a forças normais e momentos flettores, gerando os seguintes casos de solicitação:

- Compressão Simples

A compressão simples também é chamada compressão centrada ou compressão uniforme. A aplicação da força normal N_d é no centro geométrico (CG) da seção transversal do pilar, cujas tensões na seção transversal são uniformes (Figura 28).

Figura 22 - Solicitação de compressão simples ou uniforme



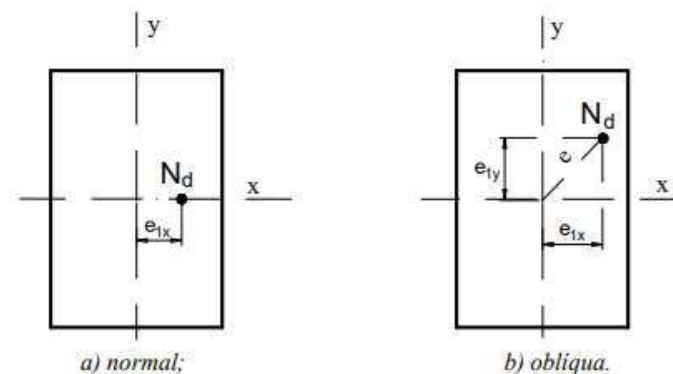
Fonte: COSTA (2017)

- Flexão Composta

Na flexão composta ocorre a atuação conjunta de força normal e momento fletor sobre o pilar. Há dois casos:

- Flexão Composta Normal (ou Reta): existe a força normal e um momento fletor em uma direção, tal que $M_{dx} = e_{1x} \cdot N_d$ (Figura 23a);
- Flexão Composta Oblíqua: existe a força normal e dois momentos fletores, relativos às duas direções principais do pilar, tal que $M_{1d,x} = e_{1x} \cdot N_d$ e $M_{1d,y} = e_{1y} \cdot N_d$ (Figura 23b).

Figura 23 - Tipos de flexão composta



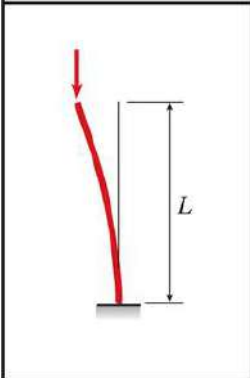
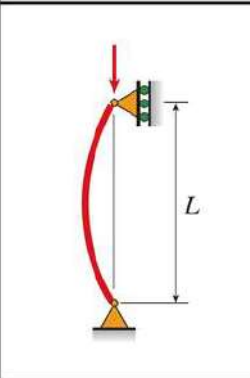
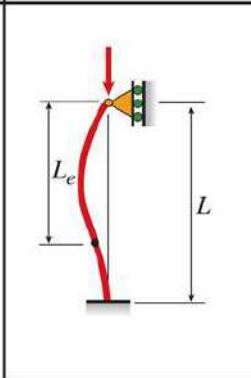
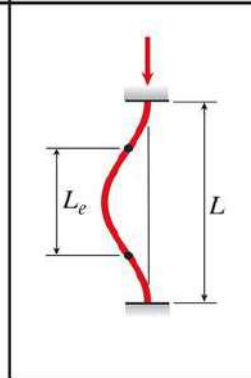
Fonte: COSTA (2017)

2.6.9.2 Flambagem

Flambagem pode ser definida como o “deslocamento lateral na direção de maior esbeltez, com força menor do que a de ruptura do material” ou como a “instabilidade de peças esbeltas comprimidas”. A ruína por efeito de flambagem é repentina e violenta, mesmo que não ocorram acréscimos bruscos nas ações aplicadas.

O comprimento equivalente L_e do elemento comprimido (pilar), deve ser o menor dos valores da figura 24:

Figura 24 - Comprimento de flambagem para diferentes tipos de apoio

			
$L_e = 2L$	$L_e = L$	$L_e = 0,699L$	$L_e = 0,5L$

Fonte: CURY (2015)

onde:

L é a distância entre as faces internas dos elementos estruturais, supostos horizontais, que vinculam o pilar;

L_e distância efetiva

2.6.9.3 Não Linearidade Física e Geométrica

a) Não-Linearidade Física

Segundo o item 15.7.3 da ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014) Para a análise dos esforços globais de 2ª ordem, em estruturas reticuladas com no mínimo quatro andares, pode ser considerada a não linearidade física de maneira aproximada, tomando-se como rigidez dos elementos estruturais os valores seguintes:

— lajes: $EI_{sec} = 0,3 E_{ci} \cdot I_c$

— vigas: $EI_{sec} = 0,4 E_{ci} \cdot I_c$ para $A_s' \neq A_s$ e

$EI_{sec} = 0,5 E_{ci} \cdot I_c$ para $A_s' = A_s$

— pilares: $EI_{sec} = 0,8 E_{ci} \cdot I_c$

Onde

I_c é o momento de inércia da seção bruta de concreto;

EI_{sec} é a rigidez secante;

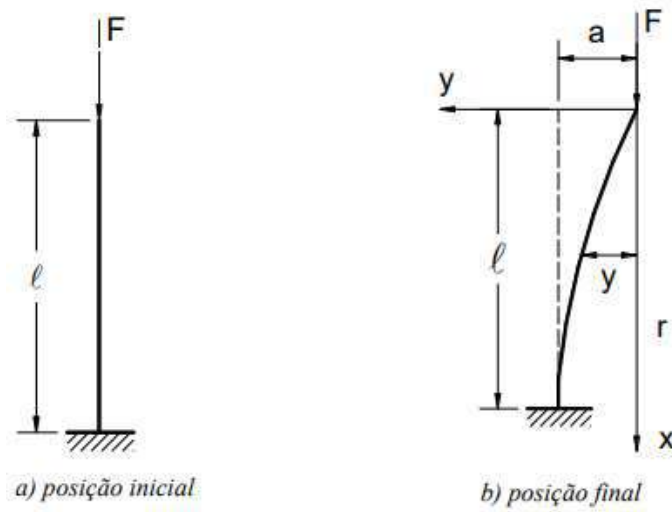
E_{ci} é o módulo de elasticidade tangente inicial do concreto; ($E_{ci} = \alpha E_c \cdot 5600 \sqrt{f_{ck}}$, para $20 \text{ MPa} \leq f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$);

No caso do concreto armado, a não linearidade física (NLF) é causada devido às relações constitutivas não lineares do aço das armaduras e aos efeitos de fissuração do concreto, além dos efeitos de retração, de deformação lenta e de fluência do concreto. Para os elementos estruturais de concreto armado, a não linearidade física está relacionada à perda de rigidez destes elementos (GELINSKI,2020).

b) Não-linearidade geométrica

A não-linearidade geométrica considera a estrutura em sua condição de equilíbrio deformada, estando ligada aos efeitos adicionais provenientes do deslocamento horizontal da estrutura. Ocorre quando as deformações provocam esforços adicionais que precisam ser considerados no cálculo, gerando os chamados esforços de segunda ordem, como o momento fletor $M = F \cdot a$ (Figura 25).

Figura 25 - Não-linearidade geométrica originando esforços de segunda ordem

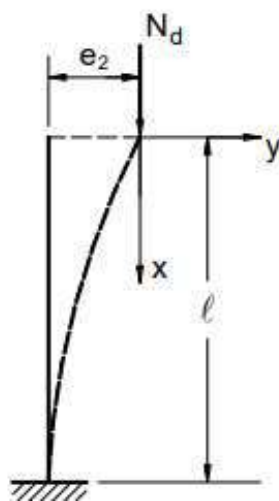


Fonte: BASTOS, (2017)

2.6.9.4 Pilar Padrão

O pilar-padrão (Figura 26) é uma simplificação do chamado “Método Geral” , o qual “Consiste na análise não linear de 2ª ordem efetuada com discretização adequada da barra, consideração da relação momentocurvatura real em cada seção e consideração da não linearidade geométrica de maneira não aproximada. O método geral é obrigatório para $\lambda > 140$.” (NBR 6118, 2014).

Figura 26 - Pilar Padrão



Fonte: COSTA (2014)

Como simplificação a linha elástica pode ser tomada pela função senoidal definida na equação simplificada para a curvatura da barra comprimida, onde a é considerada igual a e_2 (deformação de 2a ordem).

$$y = a \operatorname{sen} \frac{\pi x}{l_e} \quad (45)$$

A primeira e a segunda derivada da equação fornecem:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = -e_2 \frac{\pi}{l_e} \cos \frac{\pi}{l_e} x \quad (46)$$

$$\frac{\delta^2 y}{\delta^2 x} = e_2 \left(\frac{\pi}{l_e} \right)^2 \operatorname{sen} \frac{\pi x}{l_e} = \frac{\pi^2}{l_e^2} y \quad (47)$$

Tendo que

$$\frac{1}{r} \cong \frac{d^2 y}{dx^2} \quad (48)$$

$$\frac{\delta^2 y}{\delta^2 x} = \left(\frac{\pi^2}{l_e^2} \right) y = \frac{1}{r} \quad (49)$$

Tomando y como o máximo deslocamento e_2 tem-se:

$$e_2 = \frac{\ell_e^2}{\pi^2} \frac{1}{r} \quad (50)$$

Com $\pi^2 \cong 10$ e sendo $1/r$ relativo à seção crítica (base), o deslocamento no topo da barra é:

$$e_2 = \frac{\ell_e^2}{10} \left(\frac{1}{r} \right)_{\text{base}} \quad (51)$$

O deslocamento máximo e_2 é chamado “excentricidade de 2a ordem” e será considerado no dimensionamento dos pilares, como se verá adiante. Devido à excentricidade local e_2 surge o momento fletor de segunda ordem:

$$M_{2d} = N_d \cdot e_2 = N_d \frac{\ell_e^2}{10} \left(\frac{1}{r} \right)_{\text{base}} \quad (52)$$

A NBR 6118 (item 15.8.3.3.2) toma uma expressão aproximada para a curvatura na base, como:

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(v+0,5)} \leq \frac{0,005}{h} \quad (53)$$

com v (ni) sendo um valor adimensional relativo à força normal (N_d)

$$v = \frac{N_d}{A_c f_{cd}} \quad (54)$$

onde:

h = altura da seção na direção considerada;

A_c = área da seção transversal;

f_{cd} = resistência de cálculo do concreto à compressão (f_{ck}/γ_c).

Aplicando a Eq. 19 na Eq. 18 tem-se o máximo momento fletor de segunda ordem local, a ser aplicado no dimensionamento de pilares pelo método do pilar-padrão com curvatura aproximada:

$$M_{2d} = N_d \frac{\ell_e^2}{10} \left[\frac{0,005}{h(v+0,5)} \right] \quad (55)$$

2.6.9.5 Índice de Esbeltez

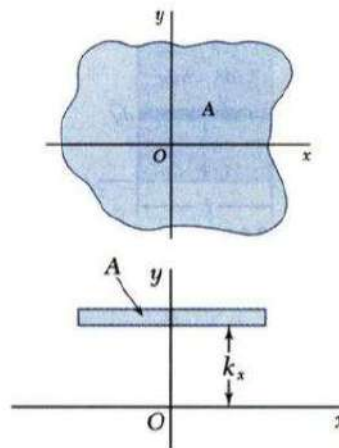
O índice de esbeltez dos pilares é um parâmetro que busca avaliar o quão suscetível a barra comprimida é em relação ao efeito de flambagem. Esse índice consiste basicamente em uma medida mecânica que permite determinar a facilidade que um determinado pilar tem de se encurvar, SCHNEIDER (2020)

A ABTN NBR 6118:2014 define o índice de esbeltez como sendo a razão entre o comprimento de flambagem e o raio de giração da peça.

$$\lambda = \frac{\ell_e}{i} \quad (56)$$

- **Raio de Giração:** Uma determinada área tem um Momento de Inércia I_x em relação ao eixo x . Se concentrarmos esta área em uma faixa estreita, paralela ao eixo x , e com o mesmo momento de inércia I_x , a distância dessa faixa ao eixo x , é denominada "Raio de Giração".

Figura 27 - Raio de giração



Fonte: BEER (2011)

$$I_x = k_x^2 \cdot A$$

$$k_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

Para seção retangular o índice de esbeltez é:

$$\lambda = \frac{3,46 \, l_e}{h} \quad (57)$$

onde:

λ = comprimento de flambagem;

i = raio de giração da seção geométrica da peça (seção transversal de concreto, não se considerando a presença de armadura);

I = momento de inércia;

A = área da seção;

h = dimensão do pilar na direção considerada.

2.6.9.5.1 Classificação quanto ao Índice de Esbeltez

Segundo BASTOS (2017) em função do índice de esbeltez máximo, os pilares podem ser classificados como:

- Curto: se $\lambda \leq 35$;
- Médio: se $35 < \lambda \leq 90$;
- Medianamente esbelto: se $90 < \lambda \leq 140$;
- Esbelto: se $140 < \lambda \leq 200$.

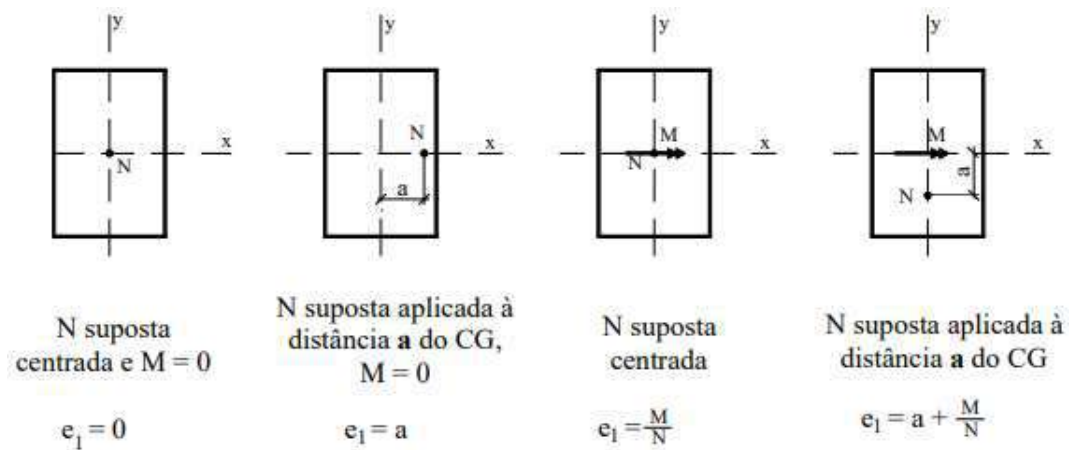
Os pilares curtos e médios representam a grande maioria dos pilares das edificações. Os pilares medianamente esbeltos e esbeltos são muito menos frequentes

2.6.9.6 Excentricidades

a) Excentricidade de 1ª Ordem

A excentricidade de 1ª ordem (e_1) é devida à possibilidade de ocorrência de momentos fletores externos solicitantes, que podem ocorrer ao longo do comprimento do pilar, ou devido ao ponto teórico de aplicação da força normal não estar localizado no centro de gravidade da seção transversal, ou seja, existência da excentricidade inicial a , como indicada na Figura 17. Considerando a força normal N e o momento fletor M (independente de N), a Figura 28 mostra os casos possíveis de excentricidade de 1ª ordem.

Figura 28 - Casos de excentricidade de 1ª Ordem



Fonte: BASTOS (2017)

b) Excentricidade Acidental

No caso do dimensionamento ou verificação de um lance de pilar, dever ser considerado o efeito do desaprumo ou da falta de retilineidade do eixo do pilar [...]. Admite-se que, nos casos usuais de estruturas reticuladas, a consideração apenas da falta de retilineidade ao longo do lance de pilar seja suficiente. (NBR 6118, 11.3.3.4.2). A imperfeição geométrica pode ser avaliada pelo ângulo θ_1 :

$$\theta_1 = \frac{1}{100\sqrt{H}} \quad (58)$$

com:

H = altura do lance, em metro, conforme mostrado na Figura xxx;

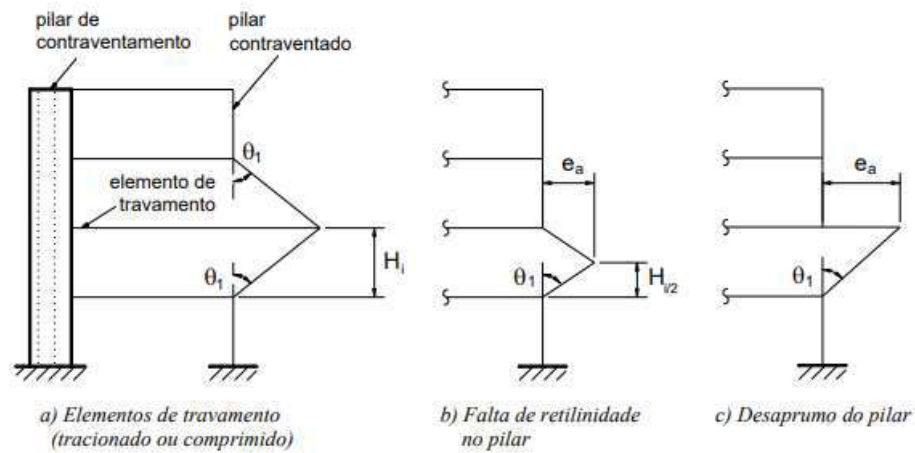
$\theta_{1\text{mín}} = 1/300$ para estruturas reticuladas e imperfeições locais;

$\theta_{1\text{máx}} = 1/200$

A excentricidade acidental para um lance do pilar resulta do ângulo θ_1 :

$$e_a = \theta_1 \frac{H}{2} \quad (59)$$

Figura 29 - Imperfeições Geométricas Locais



Fonte: BASTOS (2017)

c) Excentricidade de 2ª Ordem

A análise global de 2ª ordem fornece apenas os esforços nas extremidades das barras, devendo ser realizada uma análise dos efeitos locais de 2ª ordem ao longo dos eixos das barras comprimidas, de acordo com o prescrito em 15.8. Os elementos isolados, para fins de verificação local, devem ser formados pelas barras comprimidas retiradas da estrutura, com comprimento λ_e , de acordo com o estabelecido em 15.6, porém aplicando-se às suas extremidades os esforços obtidos através da análise global de 2ª ordem.” (NBR 6118, item 15.7.4). Conforme a NBR 6118 (15.8.2), “Os esforços locais de 2ª ordem em elementos isolados podem ser desprezados quando o índice de esbeltez for menor que o valor-limite λ_1 . O valor de λ_1 depende de diversos fatores, mas os preponderantes são: a excentricidade relativa de 1ª ordem e_1/h na extremidade do pilar onde ocorre o momento de 1ª ordem de maior valor absoluto; a vinculação dos extremos da coluna isolada; a forma do diagrama de momentos de 1ª ordem.

O valor-limite λ_1 é:

$$\lambda_1 = \frac{25 + 12,5 \frac{e_1}{h}}{\alpha_b} \quad (60)$$

com: $35 \leq \lambda_1 \leq 90$,

onde:

e_1 = excentricidade de 1ª ordem (não inclui a excentricidade acidental e_a);

e_1 / h = excentricidade relativa de 1ª ordem.

No item 15.8.1 da NBR 6118 encontra-se que o pilar deve ser do tipo isolado, e de seção e armadura constantes ao longo do eixo longitudinal, submetidos à flexo-compressão. “Os pilares devem ter índice de esbeltez menor ou igual a 200 ($\lambda \leq 200$). Apenas no caso de elementos pouco comprimidos com força normal menor que $0,10f_{cd} A_c$, o índice de esbeltez pode ser maior que 200. Para pilares com índice de esbeltez superior a 140, na análise dos efeitos locais de 2ª ordem, devem-se multiplicar os esforços solicitantes finais de cálculo por um coeficiente adicional $\gamma_{n1} = 1 + [0,01(\lambda - 140)/1,4]$.” O valor de α_b deve ser obtido conforme estabelecido a seguir (NBR 6118, 15.8.2):

- para pilares biapoiados sem cargas transversais:

$$\alpha_b = 0,6 + 0,4 \frac{M_B}{M_A} \geq 0,4 \quad (61)$$

sendo: $0,4 \leq \alpha_b \leq 1,0$

M_A e M_B são os momentos de 1ª ordem nos extremos do pilar, obtidos na análise de 1ª ordem no caso de estruturas de nós fixos e os momentos totais (1ª ordem + 2ª ordem global) no caso de estruturas de nós móveis. Deve ser adotado para M_A o maior valor absoluto ao longo do pilar biapoiado e para M_B o sinal positivo, se tracionar a mesma face que M_A , e negativo, em caso contrário.

- para pilares biapoiados com cargas transversais significativas ao longo da altura ou pilares com momentos menores que o momento mínimo

$\alpha = 1$

- para pilares em balanço:

$$\alpha_b = 0,8 + 0,2 \frac{M_C}{M_A} \geq 0,85 \quad (62)$$

sendo:

$$0,85 \leq \alpha_b \leq 1,0,$$

M_A = momento de 1ª ordem no engaste;

M_C = momento de 1ª ordem no meio do pilar em balanço.

d) Excentricidade devido a Fluência

“A consideração da fluência deve obrigatoriamente ser realizada em pilares com índice de esbeltez $\lambda > 90$ e pode ser efetuada de maneira aproximada, considerando a excentricidade adicional e_{cc} dada a seguir:” (NBR 6118, 15.8.4)

$$e_{cc} = \left(\frac{M_{sg}}{N_{sg}} + e_a \right) \left(2,718^{\frac{\varphi N_{sg}}{N_c - N_{sg}}} - 1 \right)$$

$$N_c = \frac{10 E_{ci} I_c}{\ell_c^2} \quad (63)$$

Onde:

e_a = excentricidade devida a imperfeições locais;

M_{sg} e N_{sg} = esforços solicitantes devidos à combinação quase permanente;

φ = coeficiente de fluência;

E_{ci} = módulo de elasticidade tangente;

I_c = momento de inércia; ℓ_c = comprimento de flambagem.

2.6.9.7 Determinação dos Efeitos Locais de 2ª Ordem

De acordo com a NBR 6118 (15.8.3), o cálculo dos efeitos locais de 2ª ordem pode ser feito pelo Método Geral ou por métodos aproximados. O Método Geral é obrigatório para

elementos com $\lambda > 140$. A norma apresenta diferentes métodos aproximados, sendo eles: método do pilar-padrão com curvatura aproximada (item 15.8.3.3.2), método do pilar-padrão com rigidez κ aproximada (15.8.3.3.3), método do pilar-padrão acoplado a diagramas M, N, $1/r$ (15.8.3.3.4) e método do pilar-padrão para pilares de seção retangular submetidos à flexão composta oblíqua (15.8.3.3.5).

2.6.9.7.1 Método do Pilar-Padrão com Curvatura Aproximada

Conforme a NBR 6118 (15.8.3.3.2), o método pode ser “empregado apenas no cálculo de pilares com $\lambda \leq 90$, com seção constante e armadura simétrica e constante ao longo de seu eixo. A não linearidade geométrica é considerada de forma aproximada, supondo-se que a deformação da barra seja senoidal. A não linearidade física é considerada através de uma expressão aproximada da curvatura na seção crítica.” A equação senoidal para a linha elástica foi definida na Eq. 16, que define os valores para a deformação de 2ª ordem (e_2) ao longo da altura do pilar. A não linearidade física com a curvatura aproximada foi apresentada na Eq. 11 e na Eq. 19. O momento fletor total máximo no pilar deve ser calculado com a expressão:

$$M_{d,tot} = \alpha_b M_{ld,A} + N_d \frac{\ell_e^2}{10} \frac{1}{r} \geq M_{ld,A} \quad (64)$$

onde:

α_b = parâmetro definido no item 8.3;

N_d = força normal solicitante de cálculo;

ℓ_e = comprimento de flambagem. $1/r$ = curvatura na seção crítica, avaliada pela expressão aproximada (Eq. 19):

$$\frac{1}{r} = \frac{0,005}{h(v+0,5)} \leq \frac{0,005}{h} \quad (65)$$

A força normal adimensional (v) foi definida na Eq. 20:

$$\nu = \frac{N_d}{A_c \cdot f_{cd}} \quad (66)$$

com: $M_{1d,A}$ = valor de cálculo de 1ª ordem do momento M_A , como definido no item 8.3; A_c = área da seção transversal do pilar;

f_{cd} = resistência de cálculo à compressão do concreto ($f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$);

h = dimensão da seção transversal na direção considerada.

A esbeltez é levada em consideração aumentando-se os momentos fletores nos extremos do pilar. Se os momentos atuantes no pilar são muito pequenos ou zero, o projeto de pilares esbeltos deve se basear sobre uma excentricidade mínima”, dada pelo momento fletor mínimo.

$$M_{1d,min} = N_d (0,015 + 0,03 h) \quad (67)$$

Nas estruturas reticuladas usuais admite-se que o efeito das imperfeições locais esteja atendido se for respeitado esse valor de momento total mínimo. A estes momentos devem ser acrescidos os momentos de 2ª ordem. Portanto, ao se considerar o momento fletor mínimo pode-se desconsiderar a excentricidade acidental ou o efeito das imperfeições locais. O momento fletor total máximo deve ser calculado para cada direção principal do pilar. Ele leva em conta que, numa seção intermediária onde ocorre a excentricidade máxima de 2ª ordem, o momento fletor máximo de 1ª ordem seja corrigido pelo fator α_b . Se o momento fletor de 1ª ordem for nulo ou menor que o mínimo, então o momento fletor mínimo, constante na altura do pilar, deve ser somado ao momento fletor de 2ª ordem. Ainda no item 11.3.3.4.3 da NBR 6118: “Para pilares de seção retangular, pode-se definir uma envoltória mínima de 1ª ordem, tomada a favor da segurança,”

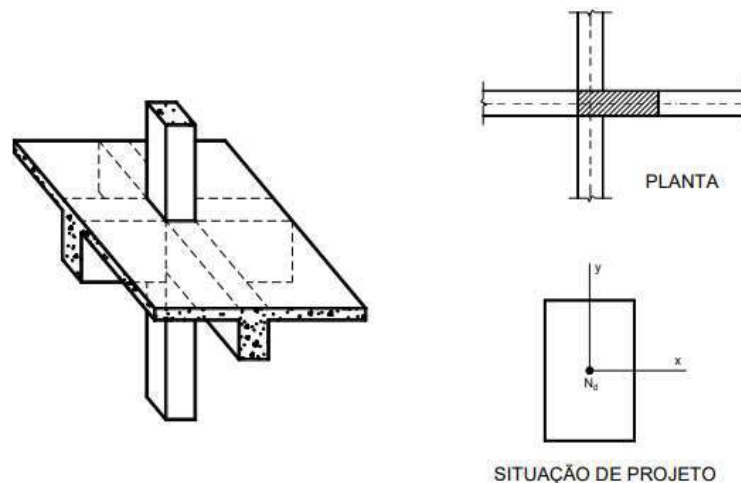
Neste caso, a verificação do momento mínimo pode ser considerada atendida quando, no dimensionamento adotado, obtém-se uma envoltória resistente que englobe a envoltória mínima de 1ª ordem. Quando houver a necessidade de calcular os efeitos locais de 2ª ordem em alguma das direções do pilar, a verificação do momento mínimo deve considerar ainda a envoltória mínima com 2ª ordem, conforme 15.3.2.

2.6.9.8 Situações Básicas de Projeto

a) Pilar Intermediário

Nos pilares intermediários (Figura 30) considera-se a compressão centrada na situação de projeto, pois como as lajes e vigas são contínuas sobre o pilar, pode-se admitir que os momentos fletores transmitidos ao pilar sejam pequenos e desprezíveis. Não existem, portanto, os momentos fletores M_A e M_B de 1ª ordem nas extremidades do pilar.

Figura 30 - Pilar intermediário



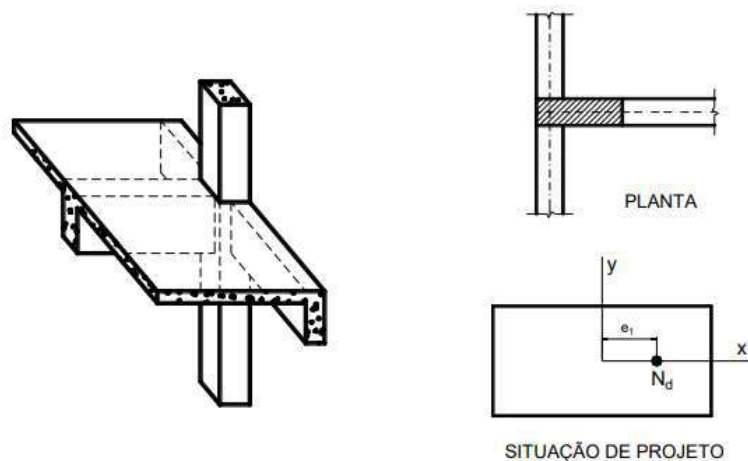
Fonte: BASTOS (2017)

b) Pilar de Extremidade

Os pilares de extremidade encontram-se posicionados nas bordas das edificações, sendo também chamados pilares laterais ou de borda. O termo “pilar de extremidade” advém do fato do pilar ser extremo para uma viga, aquela que não tem continuidade sobre o pilar, como mostrado na Figura 31. Na situação de projeto ocorre a flexão composta normal, decorrente da não continuidade da viga. Existem, portanto, os momentos fletores M_A e M_B de 1ª ordem em uma direção do pilar. O pilar de extremidade não ocorre necessariamente na borda da edificação, ou seja, pode ocorrer na zona interior de uma edificação, desde que uma viga não apresente continuidade no pilar. Nas seções de topo e base ocorrem excentricidades e_1 de 1ª ordem, na direção principal x ou y do pilar:

$$e_{l,A} = \frac{M_A}{N_d} \quad \text{e} \quad e_{l,B} = \frac{M_B}{N_d} \quad (68)$$

Figura 31 - Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de extremidade



Fonte: BASTOS (2017)

Os momentos fletores M_A e M_B são devidos aos carregamentos verticais sobre as vigas, e obtidos calculando-se os pilares em conjunto com as vigas, formando pórticos planos, ou, de uma maneira mais simples e que pode ser feita manualmente, com a aplicação das equações já apresentadas em BASTOS (2015).

$$M_{inf} = M_{eng} \frac{r_{inf}}{r_{inf} + r_{sup} + r_{viga}} \quad (69)$$

$$M_{sup} = M_{eng} \frac{r_{sup}}{r_{inf} + r_{sup} + r_{viga}} \quad (70)$$

$r = I/\lambda$ = índice de rigidez relativa;

I = momento de inércia da seção transversal do pilar na direção considerada;

λ = vão efetivo do tramo adjacente da viga ao pilar extremo, ou comprimento de flambagem do pilar.

Na determinação dos momentos fletores de 1ª ordem que ocorrem nos pilares de edifícios de pavimentos deve-se considerar a superposição dos efeitos das vigas dos diferentes níveis (Figura 32). Considerando-se por exemplo o lance (tramo) do pilar compreendido entre os pavimentos i e $i + 1$, os momentos fletores na base e no topo do lance são:

$$M_{base} = M_{sup,i} + 0,5 M_{inf,i+1} \quad (71)$$

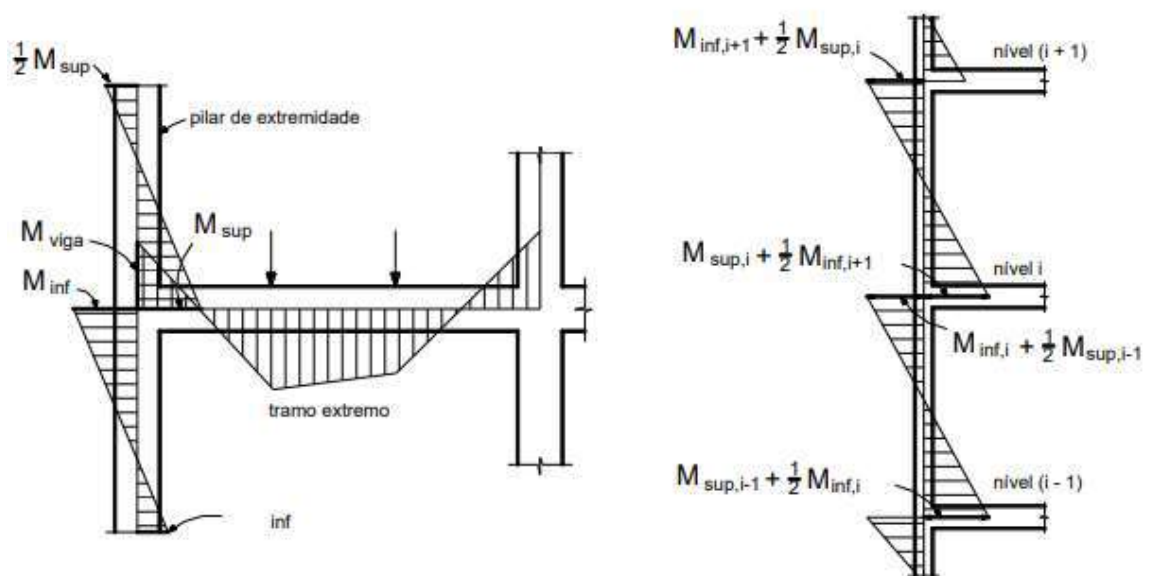
$$M_{topo} = M_{inf,i+1} + 0,5 M_{sup,i} \quad (72)$$

Se os pavimentos i e $i + 1$ forem pavimentos tipo, ou seja, idênticos, os momentos fletores na base e no topo serão iguais e (Figura40):

$$M_{sup,i} = M_{inf,i+1} \quad (73)$$

$$M_{base} = M_{topo} = 1,5 M_{sup,i} = 1,5 M_{inf,i+1} \quad (74)$$

Figura 32 - Momentos fletores nos pilares de extremidade provenientes da ligação com a viga não contínua sobre o pilar

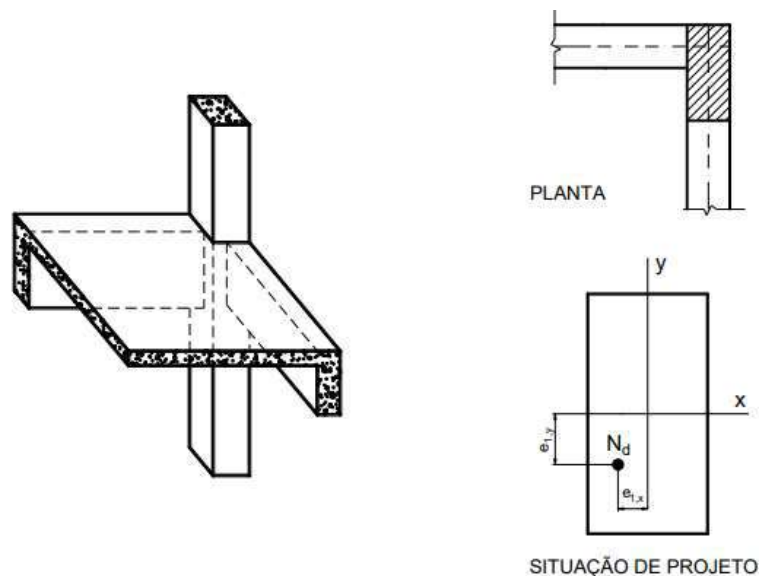


Fonte: FUSCO (1981)

c) Pilar de Canto

De modo geral, os pilares de canto encontram-se posicionados nos cantos dos edifícios, vindo daí o nome, como mostrado na Figura 33. Na situação de projeto ocorre a flexão composta oblíqua, decorrente da não continuidade das vigas apoiadas no pilar. Existem, portanto, os momentos fletores M_A e M_B de 1ª ordem, nas suas duas direções do pilar, ou seja, e_{1x} e e_{1y} . Esses momentos podem ser calculados da mesma forma como apresentado nos pilares de extremidade

Figura 33 - Arranjo estrutural e situação de projeto dos pilares de canto



Fonte: BASTOS (2017)

2.6.9.9 Situações de projeto e de cálculo

O cálculo dos pilares pode ser feito diretamente dos valores da força normal e do momento fletor total máximo solicitante no pilar, sem se explicitar as excentricidades da força N_d . Por outro lado, o cálculo também pode ser feito explicitando as excentricidades, que são funções dos momentos fletores.

A ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014) tras o momento fletor mínimo e a equação do momento fletor total ($M_{d,tot}$), direcionando de certa forma o cálculo via momentos fletores e não via as excentricidades. Claro que o cálculo correto, em função dos momentos fletores ou das excentricidades, conduz aos mesmos resultados. Nos itens seguintes procura-se ilustrar os dois modos de cálculo, deixando-se ao estudante a escolha do modo a aplicar.

As excentricidades a serem consideradas são as seguintes:

- Excentricidade de 1ª ordem

$$e_{1,A} = \frac{M_{1d,A}}{N_d} \quad e_{1,B} = \frac{M_{1d,B}}{N_d} \quad (75)$$

- Excentricidade mínima

$$e_{1,min} = 1,5 + 0,03 h \quad , \text{ com } h \text{ em cm} \quad (76)$$

- Excentricidade de 2ª ordem

$$e_2 = \frac{0,0005 \ell_e^2}{(v + 0,5) h} \quad (77)$$

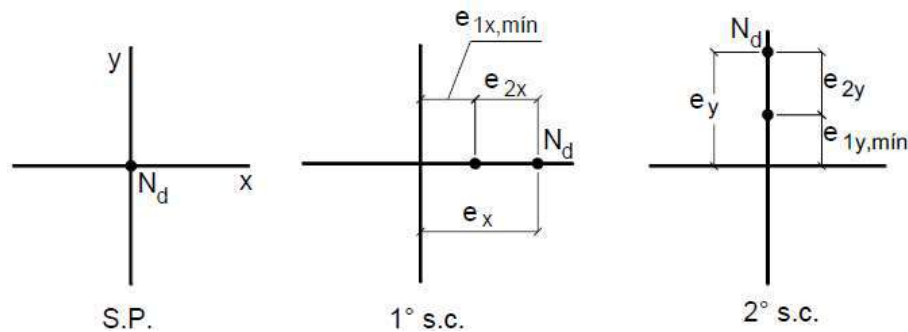
- Excentricidade de 1ª ordem na seção intermediária C

$$e_{1,C} \geq \begin{cases} 0,6 e_{1,A} + 0,4 e_{1,B} \\ 0,4 e_{1,A} \end{cases} \quad (77)$$

2.6.9.9.1 Pilar Intermediário

A Figura 43 mostra a situação de projeto (S.P.) e as situações de cálculo (s.c.) dos pilares intermediários com $\lambda_{máx} \leq 90$. Na 1ª s.c. estão indicadas as excentricidades que ocorrem na direção x, e na 2ª s.c. as excentricidades na direção y.

Figura 34 - Situação de projeto e situações de cálculo de pilares intermediários com $\lambda_{\max} \leq 90$.



Fonte: BASTOS (2017)

Como não se considera a existência de momentos fletores de 1ª ordem, a situação de projeto é de Compressão Simples (ou Uniforme). Se o pilar tiver $\lambda \leq \lambda_1$ nas duas direções, tem-se que $e_{2x} = 0$ e $e_{2y} = 0$, e as excentricidades de 2ª ordem mostradas na Figura 43 não existirão. Neste caso basta considerar a excentricidade mínima em cada direção. Por outro lado, se $\lambda > \lambda_1$ em uma ou ambas as direções, a excentricidade de 2ª ordem deve ser somada à excentricidade mínima. A excentricidade mínima corresponde ao momento fletor mínimo.

Para cada situação de cálculo deve ser determinada uma armadura longitudinal, considerando-se, porém, o mesmo arranjo (posicionamento) das barras da armadura na seção transversal. Isso é importante porque a armadura final deve atender às situações de cálculo existentes. A armadura final é a maior entre as calculadas.

2.6.9.9.2 Pilar de Extremidade

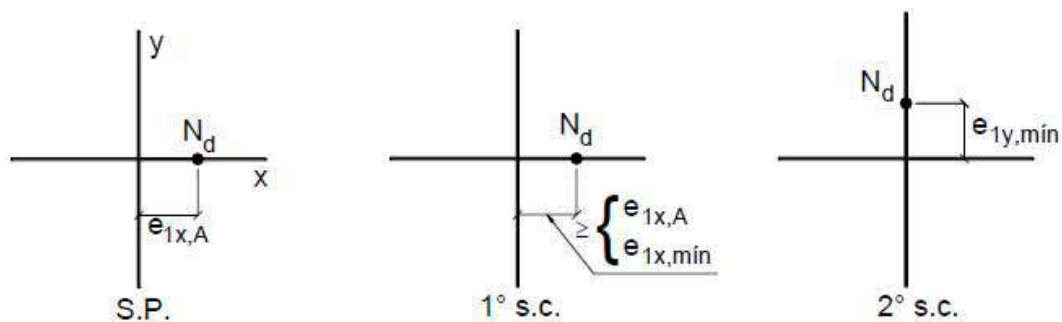
No pilar de extremidade ocorre a Flexão Composta Normal na situação de projeto, com existência de excentricidade de 1ª ordem em uma direção do pilar. As seções de extremidade (topo e base) devem sempre ser analisadas (Figura 35). A seção intermediária C deve ser analisada somente na direção em que ocorrer excentricidade de 2ª ordem (Figura 36).

Na base e topo do pilar, devido aos apoios (vínculos), não ocorre deslocamento horizontal, de modo que a excentricidade de 2ª ordem é zero. Nas seções ao longo da altura do pilar ocorrem excentricidades de 2ª ordem, mas se $\lambda \leq \lambda_1$, as excentricidades são pequenas e podem ser desprezadas. Por outro lado, se ocorrer $\lambda > \lambda_1$, a máxima excentricidade de 2ª ordem (e_{2x} ou e_{2y} na seção intermediária C) deve ser considerada, e a excentricidade de 1ª

ordem deve ser alterada de $e_{1x,A}$ para $e_{1x,C}$ (ou de $e_{1y,A}$ para $e_{1y,C}$) na situação de projeto (Figura 28).

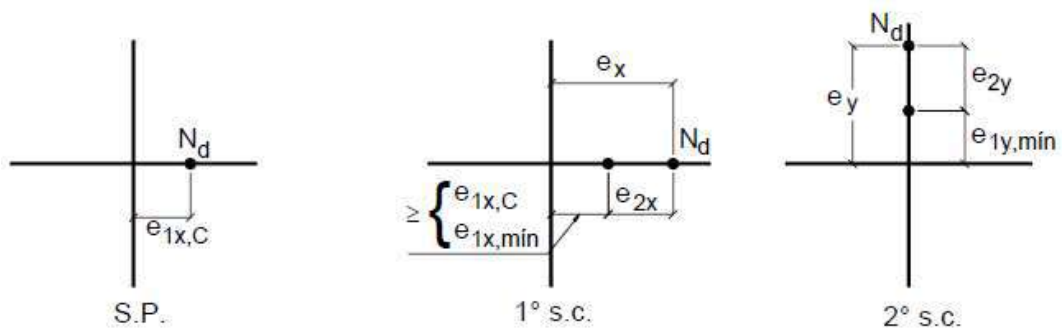
Do mesmo modo como no pilar intermediário, para cada situação de cálculo deve ser calculada uma armadura, considerando-se o mesmo arranjo (posicionamento) das barras na seção transversal, e a armadura final será a maior entre as calculadas.

Figura 35 - Situação de projeto e situações de cálculo de pilares intermediários com $\lambda_{\max} \leq 90$



Fonte: BASTOS (2017)

Figura 36 - Situação de projeto e situações de cálculo para a seção intermediária dos pilares de extremidade



Fonte: BASTOS (2017)

2.6.9.9.3 Pilar de Canto

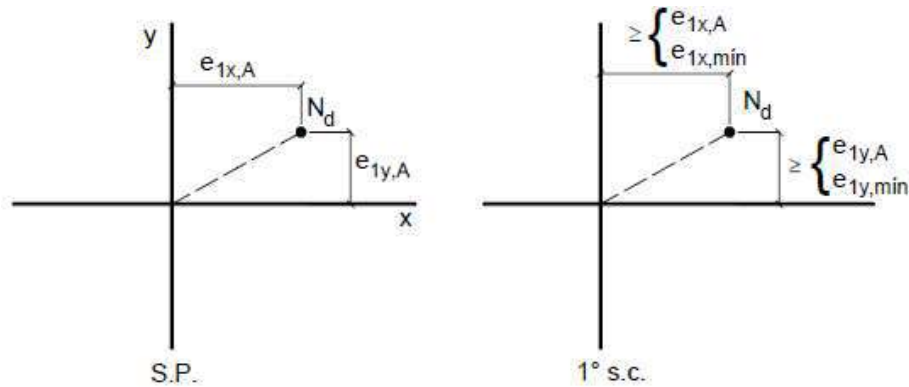
No pilar de canto a solicitação de projeto é a flexão composta oblíqua, com a existência de excentricidade de 1ª ordem nas duas direções principais do pilar. Na seção de extremidade

A, apenas uma situação de cálculo é suficiente, comparando-se as excentricidades de 1ª ordem com as excentricidades mínimas em cada direção.

Na seção intermediária C as excentricidades de 1ª ordem alteram-se de $e_{1,A}$ para $e_{1,C}$, como apresentado na Figura 37. Existindo as excentricidades de 2ª ordem, elas devem ser acrescentadas às excentricidades de 1ª ordem, segundo a direção em que existir.

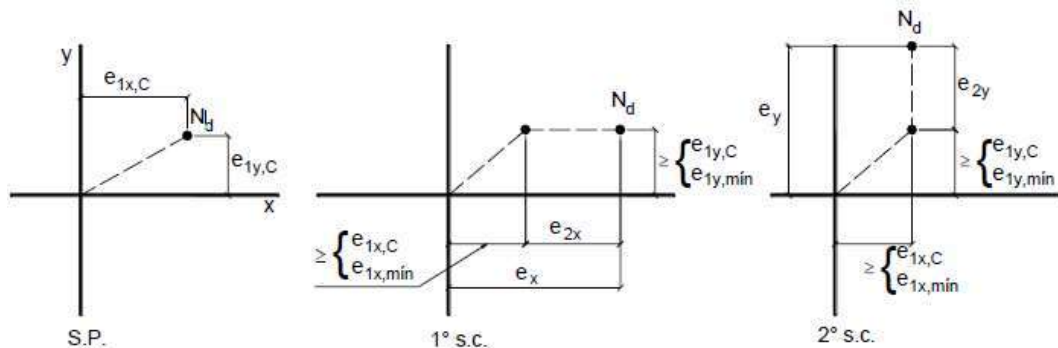
A armadura final do pilar será a maior calculada entre as situações de cálculo, considerando-se as barras distribuídas de modo idêntico no cálculo das armaduras.

Figura 37 - Situação de projeto e situações de cálculo para as seções de extremidade dos pilares de canto



Fonte: BASTOS (2017)

Figura 38 - Situação de projeto e situações de cálculo para a seção intermediária dos pilares de canto



Fonte: BASTOS (2017)

2.7 Coeficiente Gama-Z (γ_z)

O coeficiente γ_z possibilita a avaliação e classificação quanto a estabilidade global da estrutura, como sendo de nós fixos ou nós móveis, onde se considera que a estrutura é de nós fixos se for atendida a condição de $\gamma_z \leq 1,1$ e de nós móveis se for atendida a condição $1,1 < \gamma_z \leq 1,3$.

Segundo a ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), o γ_z é calculado para cada combinação de carregamento conforme fórmula a seguir:

$$\gamma_z = \frac{1}{1 - \frac{\Delta M_{tot,d}}{M_{1,tot,d}}}$$

Sendo:

- $M_{1,tot,d}$ é o momento de tombamento, ou seja, a soma dos momentos de todas as forças horizontais da combinação considerada, com seus valores de cálculo, em relação à base da estrutura;
- $\Delta M_{tot,d}$ é a soma dos produtos de todas as forças verticais atuantes na estrutura, na combinação considerada, com seus valores de cálculo, pelos deslocamentos horizontais de seus respectivos pontos de aplicação, obtidos da análise de 1ª ordem.

De acordo com a NBR 6118:2014, o limite do coeficiente γ_z é 1,3 e valores acima atribuem a estrutura à classificação de instabilidade elevada, da mesma forma, valores negativos ou inferiores a 1,0 são considerados incoerentes e indicam que a estrutura é totalmente instável.

Uma solução simplificada para a determinação dos esforços globais de 2ª ordem consiste na apuração dos esforços finais (1ª ordem e 2ª ordem) a partir da majoração adicional dos esforços horizontais da combinação de carregamento considerada por γ_z . Esse processo só é válido para $\gamma_z \leq 1,3$. Cabe ressaltar que o processo simplificado consiste em uma análise linear, onde os efeitos da não linearidade geométrica são considerados de forma aproximada através do coeficiente γ_z .

2.8 Eberick

O Eberick é um software de análise e dimensionamento para o auxílio ao projeto de estruturas de edifícios de múltiplos pisos em concreto armado.

A utilização de programas computacionais na concepção de projeto de estruturas implica em muita responsabilidade e conhecimento técnico por parte do usuário. Devendo ser utilizado apenas como ferramenta de auxílio ao projeto e não como uma solução absoluta. Nenhum programa de computador, por mais sofisticado que seja, é capaz de substituir totalmente o trabalho, as considerações e o julgamento do engenheiro. Sendo a responsabilidade pelo projeto correto da estrutura assumida pelo usuário, o qual deverá verificar todos os dados de entrada e os resultados apresentados pelo programa.

2.8.1 Modelos de Cálculo

Conforme a AltoQi® (2019), na maioria das estruturas, é possível separar os pavimentos e aplicar as reações destes em vários pórticos planos, ou em apenas um pórtico espacial que represente a estrutura para o cálculo dos efeitos das cargas verticais e horizontais, bem como a estabilidade global do edifício.

Segundo Michaelles (2014) a sistemática na qual se baseia o sistema é a de modelar a estrutura através de um pórtico espacial composto pelas vigas e pilares da edificação. Neste processo, os elementos são representados por barras ligadas umas às outras por nós. Cada pilar e cada trecho de viga são compostos por barras do pórtico, de onde são obtidos os esforços solicitantes para o dimensionamento. Os painéis de lajes são calculados de forma independente do pórtico.

O cálculo da estrutura é feito da seguinte forma:

- Os painéis de lajes são montados e calculados, de acordo com o processo que estiver configurado (Modelo de grelhas separado do pórtico ou Análise integrado);
- As reações das lajes são transmitidas às vigas em que se apoiam;
- É montado o pórtico espacial da estrutura, recebendo o carregamento calculado pelas lajes;
- O pórtico é processado e os esforços solicitantes são utilizados para o dimensionamento e detalhamento dos elementos estruturais.

- A análise estrutural é feita pelo método matricial da rigidez direta, cujo objetivo é determinar os efeitos das ações na estrutura para que possam ser feitas as verificações dos estados limites últimos e de utilização. Os resultados da análise, basicamente, são os deslocamentos nodais, os esforços internos e as reações nos vínculos de apoio.

As condições de equilíbrio da estrutura (para o modelo com geometria indeformada) devem ser garantidas pelo usuário, uma vez que o sistema não gera solução para estruturas hipostáticas. O Eberick executa para o modelo uma análise estática linear de primeira ordem, o que significa:

- O sistema considera que os materiais tenham comportamento físico elástico linear para todos os pontos da estrutura, isto é, supõe que em nenhum ponto sejam ultrapassados os limites de proporcionalidade do material para tensões em serviço;
- O sistema não leva em conta ações que variam com o tempo, decorrente de vibrações, sismos, etc;
- O sistema analisa apenas uma hipótese de carga, ficando portanto restrito aos casos em que a alternância de cargas variáveis pode ser considerada desprezível. De modo geral, isso ocorre nas edificações em que as cargas variáveis representam, no máximo, 20% do valor da carga total do edifício;
- O sistema não leva em conta a variação da estrutura devido às ações na determinação dos resultados dos deslocamentos e dos esforços. Os deslocamentos obtidos a partir das ações, em um primeiro cálculo, modificam a geometria inicial da estrutura. O efeito das ações, que permanecem atuando nesta estrutura deformada, iria alterar novamente todos os esforços internos, inclusive os deslocamentos. Esse efeito é conhecido como efeito de 2ª ordem. Caso ocorram variações superiores a 10% nos valores dos esforços internos, este efeito passa a ser importante e não deve ser desprezado. Nestes casos, a interação entre as cargas normais e os momentos fletores pode ser importante;
- Para o modelo de estrutura deformada, o equilíbrio deverá ser verificado por um processo de estabilidade global que avalie os efeitos de segunda ordem, que podem surgir na estrutura devido a deslocamentos horizontais que alterem de

maneira significativa os esforços internos. O processo de verificação utilizado pelo Eberick é simplificado, baseado na norma NBR 6118:2014. Caso o coeficiente $Gama-Z$ seja superior ao valor limite, a estrutura pode ser considerada deslocável.

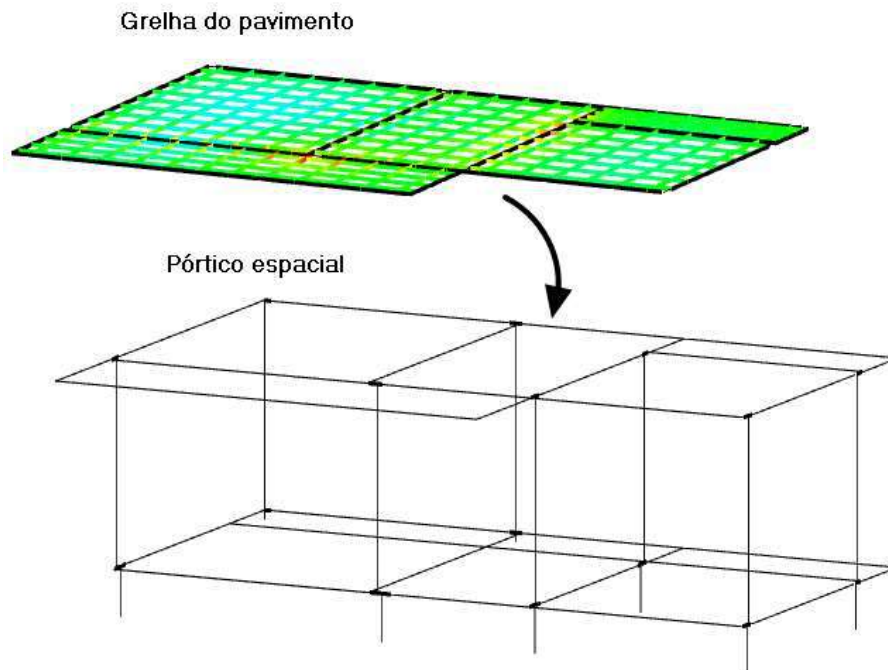
No Eberick, existem dois modelos para análise da estrutura, o modelo integrado, e o modelo separado de grelhas e pórtico espacial. A decisão por qual modelo será utilizado para análise deve levar em consideração como será realizada a análise em cada caso e quais consequências essa escolha pode ter no dimensionamento dos elementos estruturais (FRANCESCHI, 2021).

Um dos principais impactos da escolha do modelo de análise utilizado para a estrutura ocorre na análise da estabilidade global da edificação. No modelo de grelha separado do pórtico espacial, a estabilidade global da estrutura é verificada apenas com o pórtico formado pelas vigas e pilares da estrutura, enquanto no modelo integrado a estabilidade global é verificada considerando as lajes no modelo. Esta consideração torna a estrutura em análise mais rígida e altera portanto os resultados dos parâmetros de estabilidade global.

2.8.1.1 Modelo de grelhas separado do pórtico

O modelo de grelhas separadas do pórtico, os painéis de lajes são analisados primeiro, com um modelo bi-dimensional de grelha, e as reações das lajes nas vigas são adicionadas a um modelo separado de pórtico espacial, no qual são representados apenas os pilares e vigas (AltoQi®, 2019).

Figura 39 - Modelo de grelhas separado do pórtico

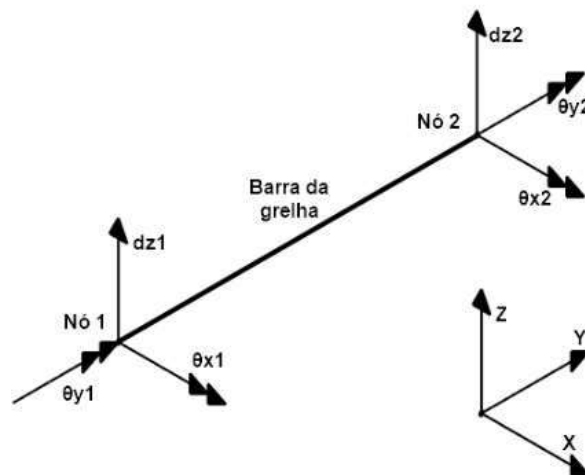


Fonte: QISuporte (2021)

O modelo de grelha é um modelo bi-dimensional, que calcula os deslocamentos dos nós transversais ao plano. Neste modelo, portanto, considera-se que as barras possuem apenas três graus de liberdade por nó. Os graus de liberdade de cada nó são, de acordo com o sistema de coordenada local das barras:

- Deslocamento no eixo Z (dz)
- Rotação em torno do eixo X (θ_x)
- Rotação em torno do eixo Y (θ_y)

Figura 40 - Análise pelo método de grelha



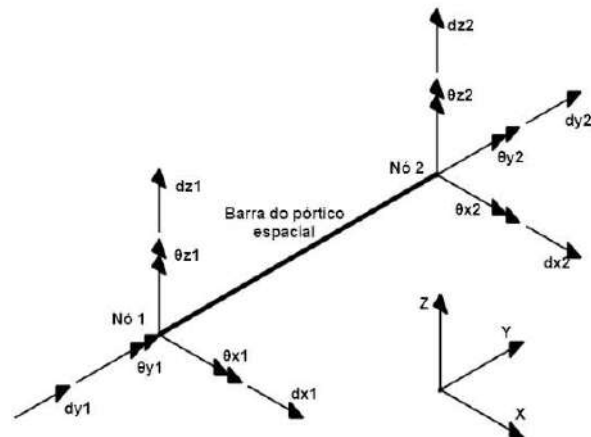
Fonte: QISuporte (2021)

Desta forma o modelo para análise por grelha é construído inteiramente no plano XY, e não existem graus de liberdade de deslocamento nas direções X e Y. Por isso, as rigidezes consideradas da barra são a rigidez à flexão, à torção e ao deslocamento transversal. Assim, não existem esforços axiais nas barras do modelo de grelha.

O modelo de pórtico espacial é um modelo tridimensional, no qual são considerados todos os graus de liberdade possíveis para a barra linear no sistema tridimensional. Neste modelo, cada nó da barra possui seis graus de liberdade:

- Deslocamento no eixo X (dx)
- Deslocamento no eixo Y (dy)
- Deslocamento no eixo Z (dz)
- Rotação em torno do eixo X (θ_x)
- Rotação em torno do eixo Y (θ_y)
- Rotação em torno do eixo Z (θ_z)

Figura 41 - Análise pelo método do pórtico espacial

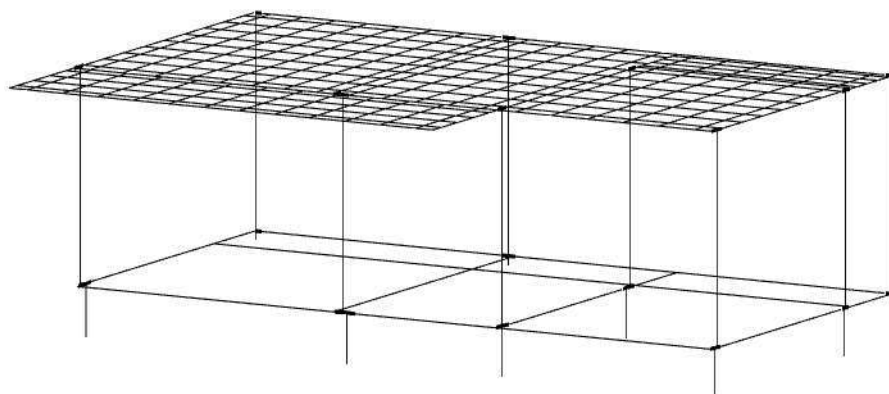


Fonte: QISuporte (2021)

2.8.1.2 Análise Integrado

O modelo integrado (Figura 42), por sua vez, inclui todas as barras de todos os pavimentos em um modelo espacial único, e realiza a análise deste pórtico de maneira completa para já obter os esforços em lajes, vigas e pilares da estrutura. A adoção deste modelo permite considerar a presença das lajes na análise da estabilidade global da estrutura, bem como calcular esforços de temperatura e de retração nos elementos estruturais.

Figura 42 - Modelo Integrado

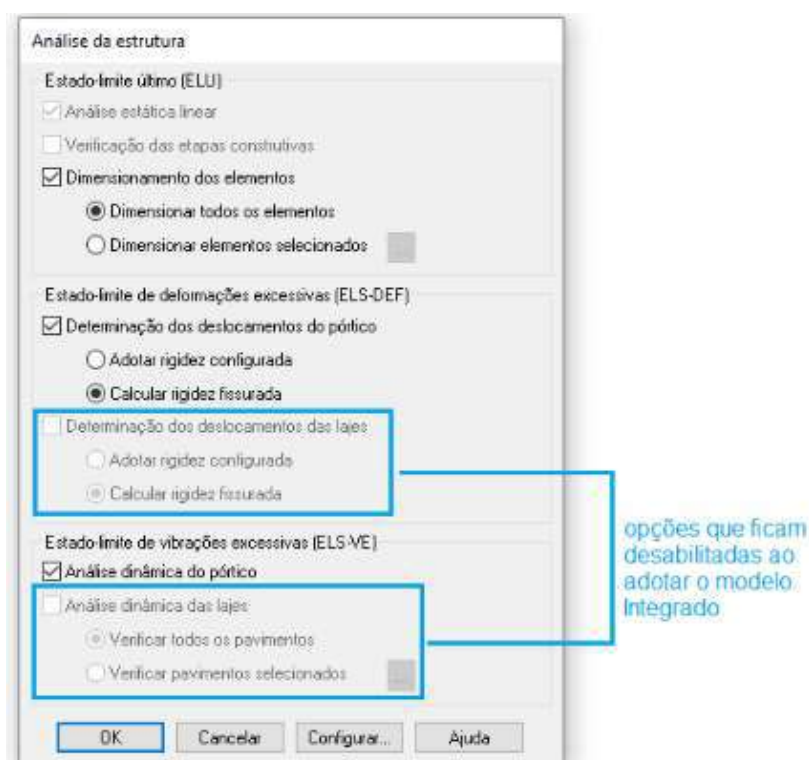


Fonte: QISuporte (2021)

2.8.1.3 Diferenças entre os modelos

De acordo com o QISuporte (2021) algumas etapas do processamento da estrutura dependem da adoção do modelo correto de análise. Esta diferença será percebida na própria janela de processamento (Figura 43), na qual algumas opções não estarão disponíveis caso o modelo integrado seja selecionado:

Figura 43 - Janela de processamento do Eberick®



Fonte: Adaptado de QISuporte (2021)

A determinação da flecha nas lajes através do procedimento iterativo, por sua vez, é um processo que depende a adoção de um modelo isolado de grelha, e não estará disponível no modelo integrado de análise, apenas no modelo separado. Ao adotar o modelo integrado, as flechas das lajes ainda serão analisadas, porém esta análise será realizada no mesmo modelo que as vigas, através da rigidez recalculada das barras. Semelhantemente, ao adotar o modelo Integrado, a análise dinâmica ficará disponível para o pórtico como um todo, e por esse motivo a opção de análise dinâmica das lajes fica automaticamente desabilitada.

Desta forma, pode-se escolher o modelo desejado para análise da estrutura, levando em consideração as especificidades de cada modelo. Além disso, deve-se considerar que a análise com o modelo integrado pode ser mais custosa computacionalmente, podendo resultar em um

processamento mais demorado da estrutura.

- Lajes

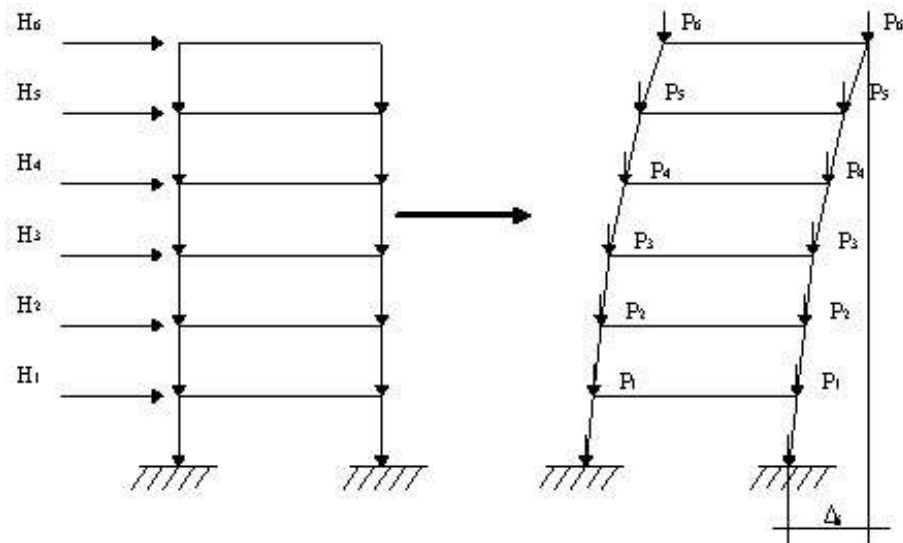
É importante notar que o equilíbrio externo da estrutura sempre é mantido. Portanto, ao alterar o modelo da análise por grelhas para a análise pelo modelo de pórtico (modelo integrado), com a consideração da rigidez axial das barras, haverá diferença nos resultados de esforços fletores e cortantes, uma vez que agora os esforços externos são distribuídos por um número maior de graus de liberdade e portanto de rigidezes consideradas das barras.

Estas diferenças nos esforços existentes para o dimensionamento da laje, principalmente devido à existência do esforço de tração (que não existe no modelo de grelha) podem causar diferenças significativas nos resultados apresentados para o dimensionamento das lajes. Nestes casos, é importante que o projetista verifique o modelo sendo utilizado para análise e revise as configurações de análise e dimensionamento, principalmente as configurações de análise dos painéis de lajes, para que esteja ciente do modelo sendo utilizado e das diferenças de cada modelo. É importante também notar que ambos os modelos de análise estão corretos, sendo que a ductilidade das seções de concreto armado e a redistribuição de esforços da estrutura hiperestática garante uma capacidade de adequação do comportamento real da laje ao modelo adotado.

2.9 Verificação da estabilidade global

Considere a estrutura do edifício mostrada na figura 44:

Figura 44 - Deslocamento horizontal de uma estrutura



Fonte: QISuporte (2021)

Sob efeito das cargas horizontais, os nós da estrutura deslocam-se horizontalmente, fazendo com que o pórtico do edifício assumira outra configuração geométrica, que é a com nós deslocados.

Os esforços solicitantes (forças normais, momentos fletores e esforços cortantes) calculados com a estrutura indeformada produzem esforços de 1ª ordem. Os mais importantes, no caso de edifícios, são os momentos fletores nas extremidades das barras dos pilares, provocados pelas ligações rígidas ou semirrígidas com as vigas e com os demais elementos da estrutura.

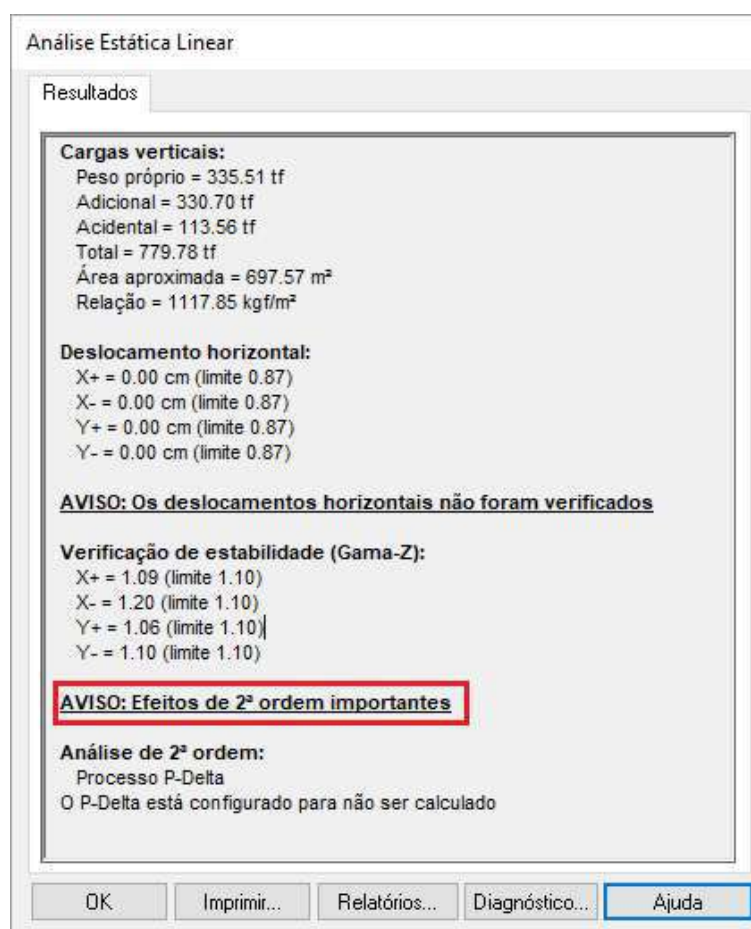
Considerando que, devido às cargas horizontais, a estrutura do edifício assumiu a configuração deslocada e as cargas normais de cada pavimento acrescentam aos momentos de 1ª ordem um acréscimo $P * \Delta$.

O acréscimo nos momentos de 1ª ordem é acompanhado de novo deslocamento horizontal, o que torna o processo iterativo. Duas hipóteses são possíveis: ou os deslocamentos são cada vez menores, obtendo-se o equilíbrio da estrutura, ou os deslocamentos jamais se anulam, provocando a instabilidade da estrutura como um todo. Uma vez que este cálculo seria muito demorado, é usual estimar-se os momentos de 2ª ordem obtidos na 1ª iteração e verificar certa tolerância para que se possa dispensar o cálculo mais exato.

O sistema utiliza um critério apresentado no item 15.5.3 da NBR 6118:2014, que calcula um índice denominado Coeficiente Gama-Z. Ele verifica, indiretamente, a condição de que os efeitos de 2ª ordem não ultrapassem em mais de 10% aqueles calculados pela análise estática linear de 1ª ordem. Deste modo, pode-se avaliar a sensibilidade da estrutura como um todo e considerá-la suficientemente robusta e como uma estrutura de nós indesejáveis (ou praticamente indesejáveis).

Caso esteja desmarcada a análise do processo P-Delta na configuração Análise e o coeficiente Gama-Z exceda o limite preconizado para uma ou as duas direções principais X e Y, é emitida uma mensagem nos resultados do processamento Estrutura processada com avisos, e acessando a guia Resultados será emitido o aviso "Efeitos de 2ª ordem importantes" (Figura 45) indicando que a estrutura encontra-se na situação de estrutura deslocável (nós móveis).

Figura 45 - Aviso efeitos de 2ª Ordem importantes



Fonte: QISuporte (2021)

Para os casos em que é emitido o aviso de "Efeitos de 2ª ordem importantes", aconselha-se o enrijecimento da estrutura para minimizar os deslocamentos da mesma, de modo que o

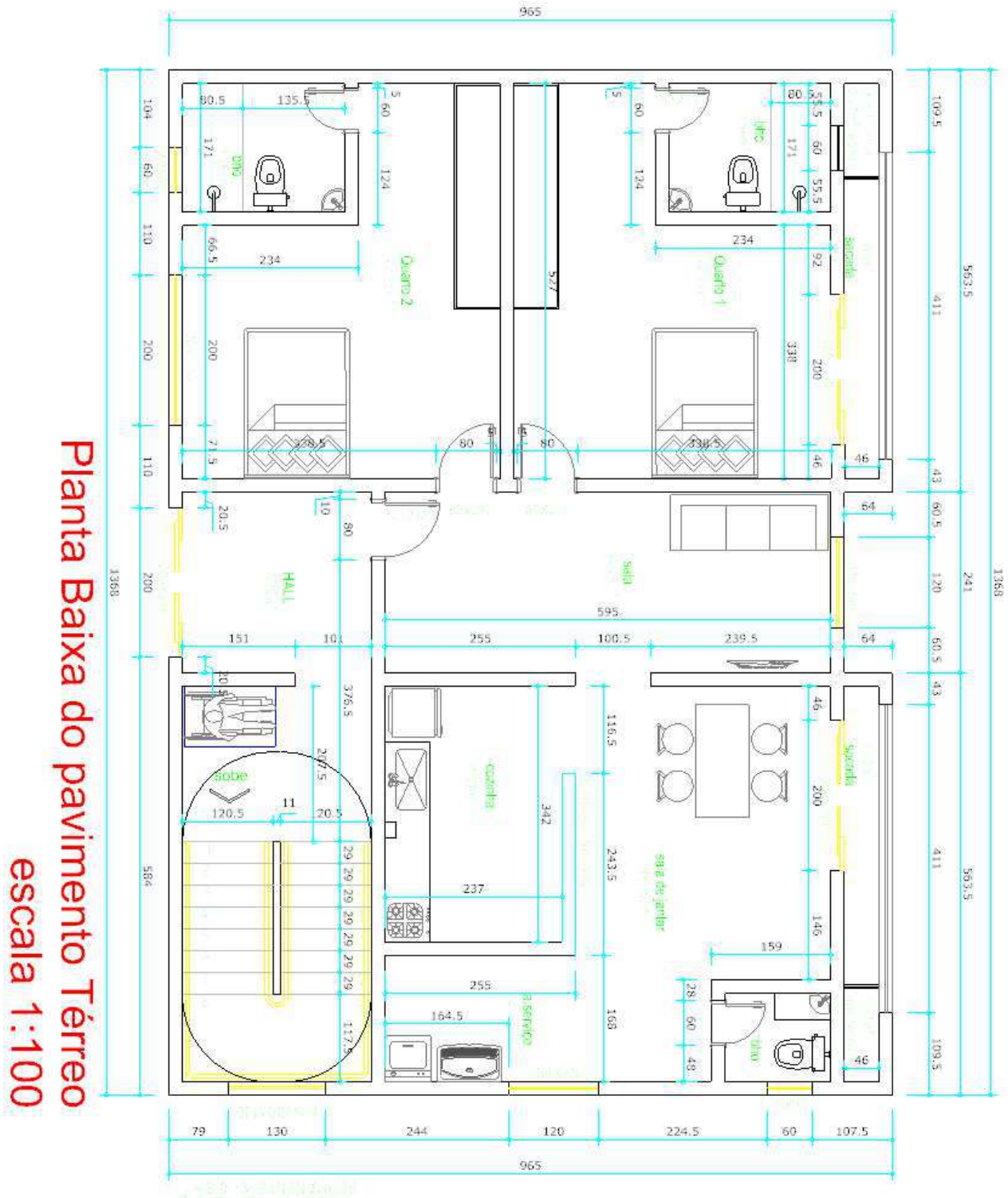
coeficiente Gama-Z fique inferior aos limites estabelecidos pela NBR 6118:2014, ou então, que seja realizada a análise dos esforços de 2ª ordem no modelo, através do processo P-Delta. A ideia básica desse processo P-Delta é de obter, a partir da análise de 1ª ordem, uma estimativa dos efeitos de 2ª ordem.

3 ARQUITETURA

3.1 Descrição

O projeto arquitetônico utilizado no desenvolvimento do trabalho (Figura 46) foi criado de modo a se obter um modelo estrutural simples. No desenvolvimento da arquitetura inicial, procurou-se dar uma forma simétrica na edificação, tanto nas fachadas quanto das dimensões horizontais e verticais da planta.

Figura 46 - Planta arquitetônica do pavimento tipo.



Fonte: Autoria própria (2022)

O projeto arquitetônico utilizado é de um edifício multifamiliar com quatro pavimentos, sendo pavimento térreo, três pavimentos tipo, cobertura, fundo da caixa d'água e tampa da caixa d'água. Cada pavimento comporta um apartamento, portanto, se trata de 3 apartamentos tipo e 1 apartamento no térreo. Toda a estrutura será em concreto armado, com uma altura de 15,82 m.

Sobre a caixa de escada está localizada a estrutura que receberá a caixa d'água com capacidade para 3400 litros. A cobertura possui um telhado com estrutura metálica e telhas de fibrocimento de 6 milímetros. As paredes são de tijolos cerâmicos com espessura de 18 cm, sendo o bloco de 14 cm e 2 cm de chapisco, emboço, reboco e revestimento para cada lado, totalizando um aparede de 18 cm.

3.2 Especificações dos materiais

3.2.1 Alvenaria

Será utilizado bloco cerâmico 14x19x29 cm, revestidos com chapisco, emboço e reboco, somando 2 cm para cada lado, e, portanto, obtendo-se uma parede de 18 cm de espessura.

A escolha do bloco com 14 cm de largura é com o intuito de evitar requadros nos ambientes dentro dos apartamentos, obtendo uma parede de 18 cm de largura. E também de garantir o isolamento térmico e acústico do edifício.

3.2.2 Revestimento

3.2.2.1 Paredes

As paredes das áreas molhadas e molháveis serão revestidas por cerâmica 10 cm x 20 cm na cor branco. Em todas essas áreas deverá ser utilizada argamassa polimérica, a fim de garantir a impermeabilização. As demais paredes serão revestidas por pintura na cor branco em látex acrílico sobre massa corrida.

3.2.2.2 Piso

Para a regularização das lajes será aplicado uma camada de contrapiso com 3cm de espessura acima do ponto crítico de cada pavimento, de modo que seja possível garantir o desnível do piso nas áreas molhadas.

No revestimento do piso será utilizado porcelanato 60x60 cm na cor bege, sobre uma camada de assentamento de 0,5 cm.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ESTRUTURAL

4.1 Criação do projeto e desenvolvimento inicial

Primeiramente é criado o projeto no Eberick® e definido os níveis para cada pavimento e também o nível do solo (Figura 47).

Figura 47 - Propriedades do projeto

Propriedades do projeto

Identificação

Nome: Rodrigo_IFG_TCC_Estrutura-Concepção

Caminho: C:\Users\Rodrigo Campos\Documents\Rodrigo\IFG\TCC\Eberick\Rodrigo_IFG_TCC_Estrutura-Concepção\Projeto Eberick

ID: 873015DE-025E-4127-B4A7-D85771680850

Título: Rodrigo-TCC

Pavimentos

Pavimento	Altura (cm)	Nível (cm)
Tampa Caixa	200.00	1580.00
Fundo Caixa	220.00	1380.00
Cobertura	290.00	1160.00
3º Pavimento	290.00	870.00
2º Pavimento	290.00	580.00
1º Pavimento	290.00	290.00
Térreo	290.00	0.00

Nível do solo (cm): 0.00

Localização...

Fechar Ajuda

Fonte: Autoria própria

Com o projeto criado é feito a importação das arquiteturas limpas para dentro do programa definindo a coordenada (0,0) em um ponto comum de cada prancha. Arquitetura limpa é a arquitetura sem o paisagismo, cotas e textos, contendo apenas as indicações das paredes e aberturas.

4.2 Pré-Dimensionamento

4.2.1 Pré-Forma

A pré-forma é um lançamento prévio, de modo a se obter as medidas para a realização do pré-dimensionamento do edifício. Para isso foi escolhido o pavimento tipo.

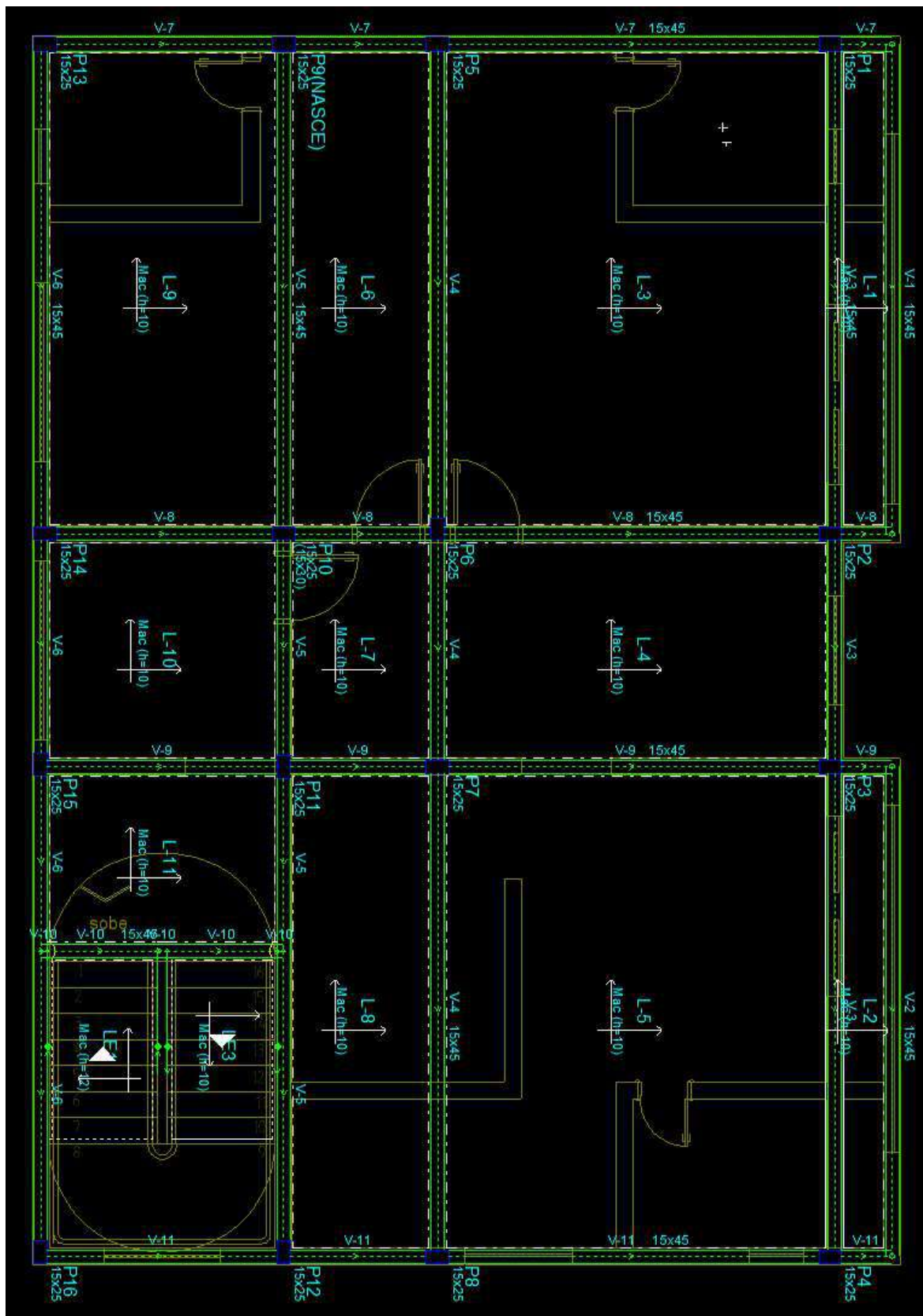
Determinou-se que as dimensões dos elementos estruturais na pré-forma seria de 15x25 para os pilares, 15 cm para o menor lado de modo a deixar todos os pilares sem requadro para dentro dos apartamentos e 25 cm para atender a área de seção mínima de 360 cm² para pilar conforme determinado pela ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014); 15x45 para as vigas, e 10 cm para as lajes.

O lançamento dos pilares priorizou o posicionamento dos mesmos com as maiores dimensões no sentido da menor dimensão do edifício, de modo a aumentar a rigidez do edifício. Para a escolha da posição dos pilares primeiramente foi colocado um pilar em cada canto do edifício, depois nos quatro cantos da caixa de escada. Por último foi se posicionando pilares onde seria previsto o encontro de vigas, de modo a se obter vãos inferiores a 5 m, de modo a se obter menores seções nas vigas e lajes.

As vigas foram lançadas priorizando as regiões onde havia paredes, de modo a minimizar o número de paredes apoiadas diretamente nas lajes, e a se obter lajes com vãos inferiores a 5 m.

Quanto a vinculação da estrutura com a fundação foi considerada do tipo engastada, onde foi gerado fundações genéricas apenas para permitir o cálculo da estrutura.

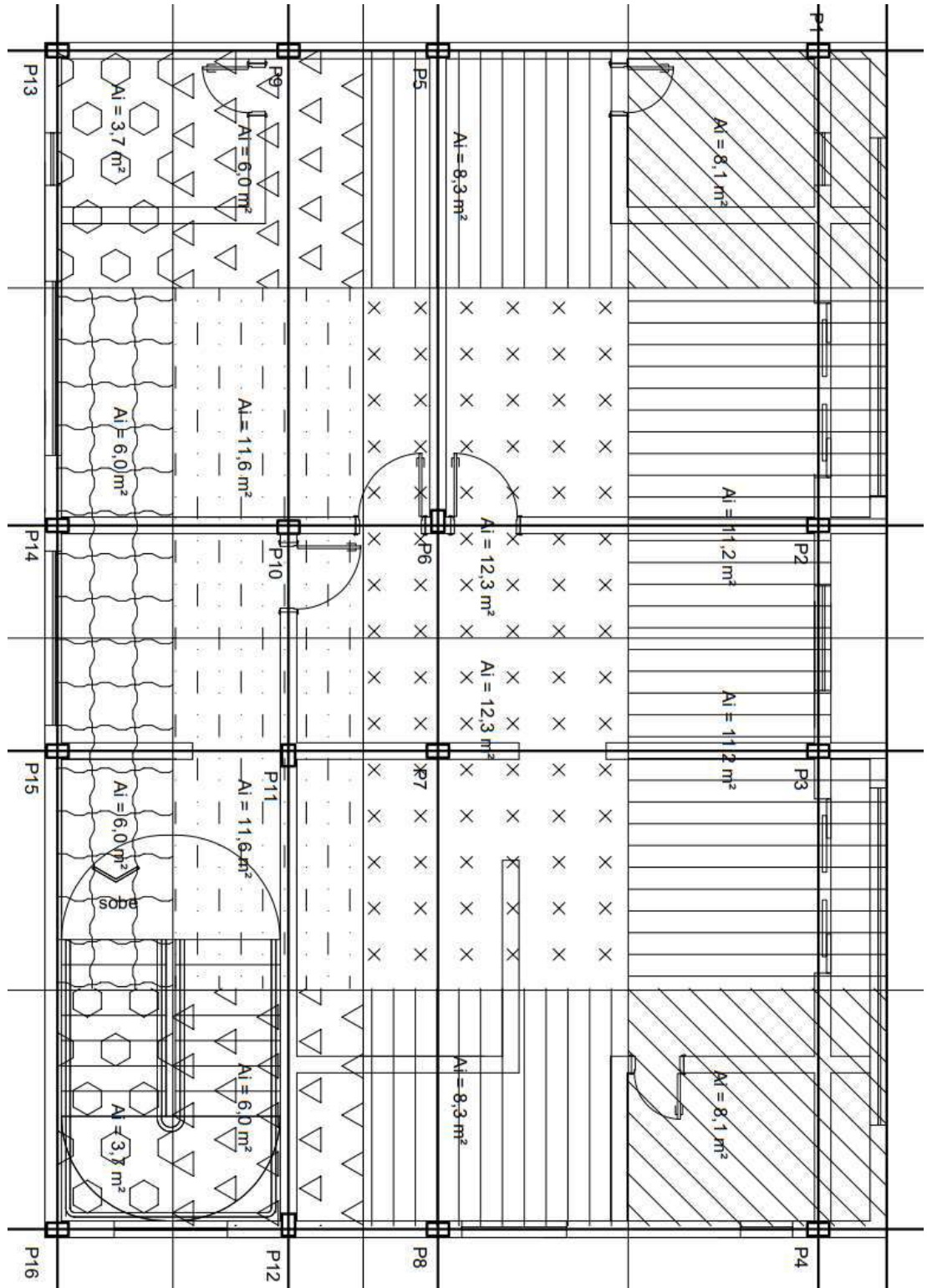
Figura 48 - Pré-forma



Fonte: Autoria própria

É baseado na pré-forma que foram extraídos os dados das áreas de influência para o pré-dimensionamento dos pilares (Figura 49).

Figura 49 - Área de influência dos pilares.



Fonte: Autoria própria

4.2.2 Pré-dimensionamento

Foram criadas tabelas contemplando os critérios para pré-dimensionamento contidos no item 2.4 do presente trabalho, as mesmas estão no Apêndice A. Essa etapa é de extrema importância pois a partir dela que será realizado o primeiro modelo estrutural, e, portanto, para se ter uma estrutura otimizada, é necessário um pré-dimensionamento criterioso.

4.3 Carregamento da Estrutura

4.3.1 Cargas permanentes e variáveis

Os valores de carregamentos permanentes e variáveis são prescritos pela ABNT NBR 6120 (ABNT, 2019). O carregamento adotado no projeto foi estimado pelo próprio software, onde foi escolhido o grupo de carga pré-configurado mais adequado ao projeto em desenvolvimento. Ao escolher o grupo de carregamento, ele já vem com as considerações de cargas permanentes e variáveis, essa escolha é baseada no uso da estrutura, no qual é escolhido o grupo de carga que melhor se adequa ao real uso para o qual a edificação foi concebida.

Para as vigas é necessário apenas entrar com os valores das alturas das alvenarias a serem consideradas e das possíveis cargas acidentais. No caso na tabela 6 tem-se um resumo dos grupos de cargas utilizadas, o valor da carga linear considerada dependerá da altura da alvenaria e da consideração ao não de aberturas, conforme mostrado na Figura 50.

Figura 50 - Carga das vigas no Eberick

Parede

Dimensões

Grupo: 08 - Bl. vedação cerâmico vazado 1

Altura: 250 cm Espessura: 18 cm

Carga: 234.99 kgf/m Peso: 1044.44 kgf/m²

Aberturas

200 x 210

Inserir

Editar

Excluir

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria própria

Figura 51 - Discretização da carga de parede

Dados

Nome: 08 - Bl. vedação cerâmico vazado 18cm (14 + 2x2)

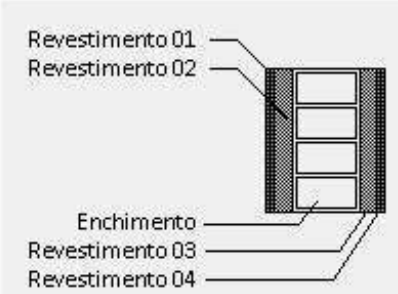
Cargas

Parede: 188 kgf/m²

Revestimento

	Espeçura		Peso específico	
Revestimento 01	0	cm	1900	kgf/m³
Revestimento 02	2	cm	1900	kgf/m³
Enchimento	14	cm	800	kgf/m³
Revestimento 03	2	cm	1900	kgf/m³
Revestimento 04	0	cm	1900	kgf/m³

☒ Obter a carga de parede a partir dos revestimentos



OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria própria

Nas vigas da sacada e da platibanda foi necessário considerar a carga acidental de 200 kgf/m devido ao peitoril da sacada. Valor prescrito pela ABNT NBR 6120 (ABNT, 1980).

Tabela 6 - Cargas das vigas

Elemento	Grupo do Carregamento	Peso (kgf/m³)	Acidental (kgf/m)
Vigas	08 - Vl. Vedação cerâmico vazado 18 cm (14 + 2x2)	1044,44	-
Vigas - Sacada	08 - Vl. Vedação cerâmico vazado 18 cm (14 + 2x2)	1044,44	200
Vigas Platibanda	-	-	200

Fonte: Autoria própria.

Para as lajes é necessário apenas escolher o grupo de cargas mais adequado com a situação de uso (Figura 52), e inserir os carregamentos específicos na laje caso existam (Figura 53, 54 e 55). Por mais que o Eberick® atendas as prescrições normativas da ABNT NBR 6120 (ABNT, 1980), é de boa prática a conferir se a carga acidental considerada no grupo de cargas escolhido

atende a mesma e corresponde a real situação de uso da estrutura.

Figura 52 - Carregamento das lajes Eberick

Laje

Nome: Tipo:

Ambiente:

Cargas

Grupo:

Acidental: kgf/m² Revestimento: kgf/m²

Extra: kgf/m²

Temperatura e retração: °C

Vigota protendida

Tipo:

Arranjo: Altura:

Enchimento

Tipo:

Dimensão:

Seção

Espessura: cm Elevação: cm

ec: cm

ee: cm

enx: cm

eny: cm

Fonte: Autoria própria

Figura 53 - Discretização do carregamento das lajes do pavimento tipo

Dados

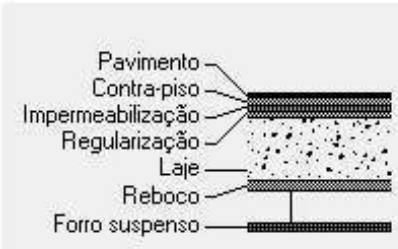
Nome: 008 - Residencial - Dormitórios

Cargas

Acidental: 150 kgf/m² Revestimento: 154,5 kgf/m²

Revestimento

	Espessura		Peso específico	
Pavimento	1	cm	1800	kgf/m ³
Contra-piso	5	cm	2100	kgf/m ³
Impermeabilização	0	cm	1200	kgf/m ³
Regularização	0	cm	2100	kgf/m ³
Reboco	1.5	cm	2100	kgf/m ³
Forro suspenso	0	cm	1250	kgf/m ³



OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria própria.

Figura 54 - Discretização do carregamento das lajes do pavimento cobertura

Dados

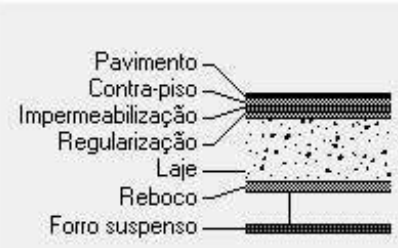
Nome: 021 - Coberturas - Com acesso para manutenção ou inspeção

Cargas

Acidental: 100 kgf/m² Revestimento: 181,5 kgf/m²

Revestimento

	Espessura		Peso específico	
Pavimento	1	cm	1800	kgf/m ³
Contra-piso	3	cm	2100	kgf/m ³
Impermeabilização	0.5	cm	1200	kgf/m ³
Regularização	3	cm	2100	kgf/m ³
Reboco	1.5	cm	2100	kgf/m ³
Forro suspenso	0	cm	1250	kgf/m ³



OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria própria.

Figura 55 - Discretização das cargas da laje do pavimento fundo caixa

Dados

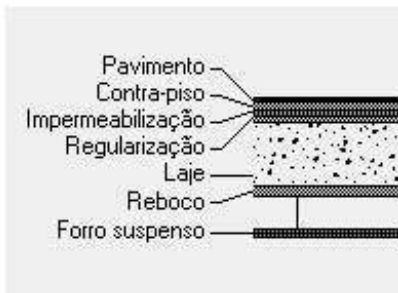
Nome

Cargas

Acidental kgf/m² Revestimento kgf/m²

Revestimento

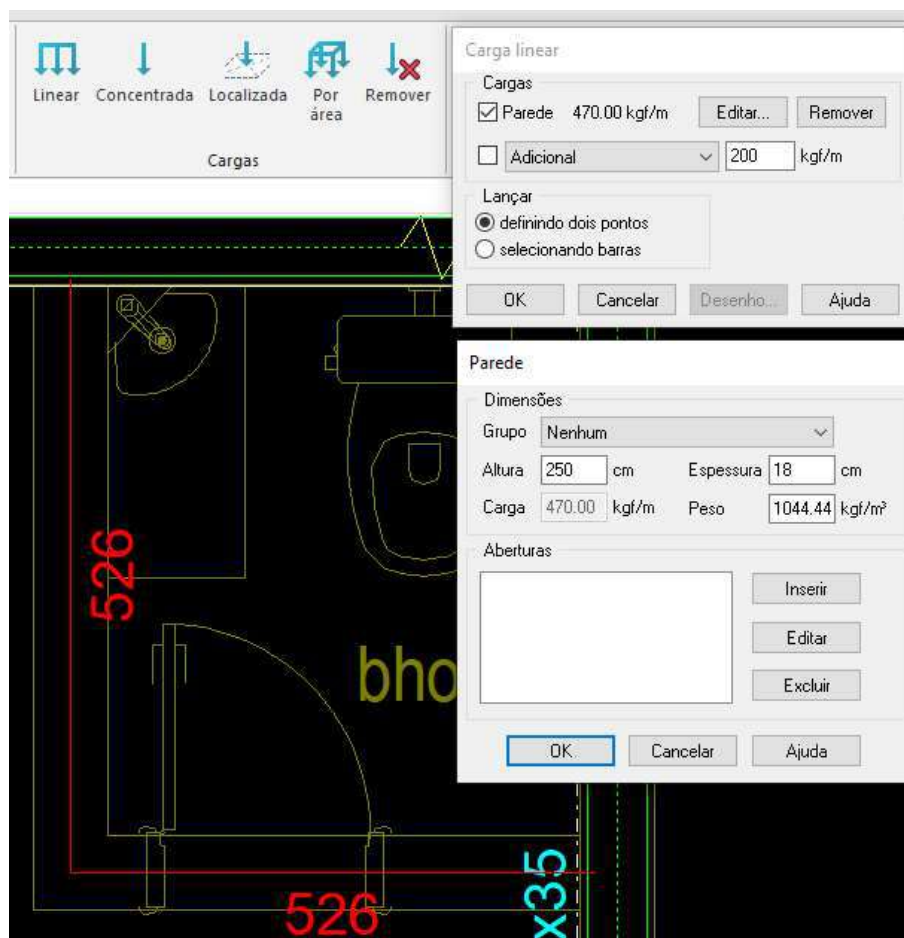
	Espessura	Peso específico
Pavimento	0 cm	1800 kgf/m ³
Contra-piso	5 cm	2100 kgf/m ³
Impermeabilização	0 cm	1200 kgf/m ³
Regularização	0 cm	2100 kgf/m ³
Reboco	1.5 cm	2100 kgf/m ³
Forro suspenso	0 cm	1250 kgf/m ³



OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autoria própria.

Figura 56 - Carregamento de parede nas lajes



Fonte: Autoria própria

No pavimento fundo caixa foi considerado uma carga extra de 352 kgf/m^2 referente ao carregamento da caixa d'água, esse valor corresponde a carga dos 3400 litros de água mais a carga da caixa d'água, equivalente a 3.400 kg, da água e distribuídos na área prevista para receber a caixa d'água (trecho da laje correspondente a área de $9,66 \text{ m}^2$).

Tabela 7 - Cargas das lajes

Elemento	Grupo do Carregamento	Revestimento (kgf/m ²)	Acidental (kgf/m ²)	Extra (kgf/m ²)
Lajes Tipo	008 - Residencial - Dormitórios e sala	154,5	150	-
Lajes Cobertura	021 - Coberturas - Com acesso para manutenção ou inspeção	181,5	100	-

Lajes Fundo Caixa	025 - Áreas técnicas - Barrilete	136,5	150	352
-------------------	----------------------------------	-------	-----	-----

Fonte: Autoria própria

4.3.2 Vento

Será considerado a incidência de vento nas quatro direções do edifício, as configurações dos parâmetros para cálculo e consideração dos efeitos do vento estão de acordo com o prescrito pela ABNT NBR 6123 (ABNT, 1988).

A configuração dos parâmetros deve ser ajustada conforme a característica e especificidade de cada edificação. Na figura 57 mostra como foi configurado a consideração do vento no software, e as tabelas 8 e 9 trazem um resumo das principais especificidades dessa edificação.

Figura 57 - Parâmetros para consideração das cargas de vento no Eberick

Fonte: Autoria própria

Tabela 8 - Valores característicos do vento

Velocidade Básica (V_0)	34 m/s
Fator do Terreno ($S1$)	1,1 – Terreno plano ou fracamente acidentado

Fator de Rugosidade (S2)	Categoria II – abertos em nível, com poucos obstáculos isolados
Fator Estatístico (S3)	1,00 – Edificações para hotéis e residências

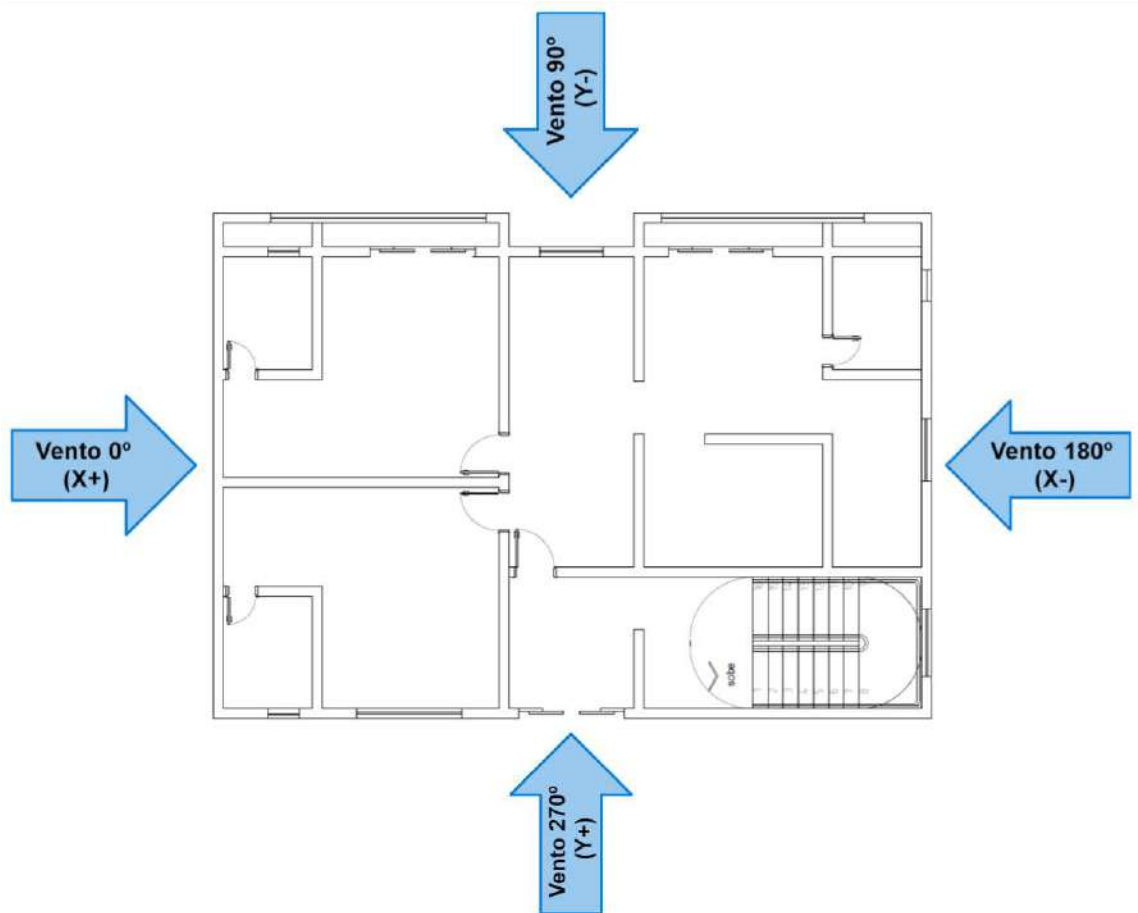
Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6123 (ABNT, 1988)

Tabela 9 - Coeficiente de arrasto

Incidência do Vento	Coeficiente de Arrasto
0° (X+)	1,07
90° (Y+)	1,25
180° (X-)	1,07
270° (Y-)	1,25

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 6123 (ABNT, 1988)

Figura 58 - Direções das incidências de vento



Fonte: Autoria própria

4.3.3 Combinações de carregamento

Antes de efetuar a análise, dimensionamento e detalhamento dos elementos que compõem uma estrutura é necessário definir quais ações serão aplicadas sobre a estrutura. De modo geral, o Eberick já tem, pré-cadastradas, as ações mais comuns de projeto, como peso próprio e acidental, mas, em alguns casos, é necessário criar uma nova ação de projeto, de modo a personalizar as considerações do programa (LONGO, 2022)

As combinações de carregamento são divididas em: Ações e combinações no ELU - combinações onde vai ser verificado o esgotamento da capacidade da estrutura, onde a estrutura será dimensionada segundo esforços que a levará a ruína; e Ações e combinações no ELS - Combinações que representaram o comportamento da estrutura durante o uso. É onde será verificada as flechas, deslocamentos, fissuras, vibração.

O Eberick gera automaticamente as combinações de ações que serão geradas para analisar a estrutura. Elas poderão ser visualizadas por meio do menu Configurações - Ações, na guia Combinações. Ao marcar a opção gerar combinações automaticamente, o programa irá gerar todas as combinações com base nos dados informados até o momento. As combinações serão geradas considerando o item 11.8 da norma NBR6118:2014 (LONGO, 2022).

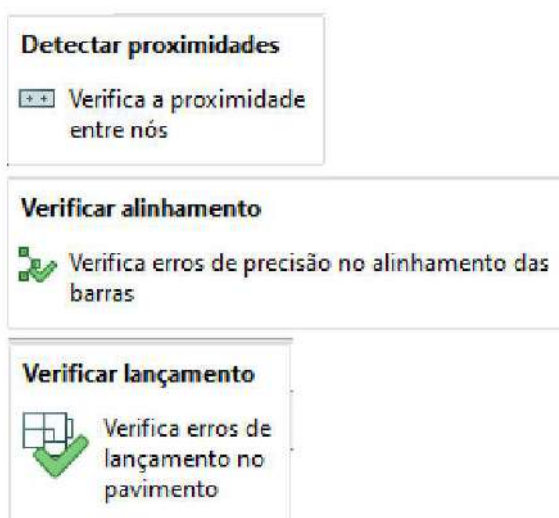
4.4 Validação do modelo estrutural

Após o pré-dimensionamento são lançados os elementos estruturais em todo projeto, e a cada pavimento é necessário aplicar as seguintes verificações (Figura 59):

- Detectar proximidade
- Verificar alinhamento
- Verificar lançamento

Fazendo essas verificações e corrigindo os possíveis erros após o lançamento de cada pavimento, garante a modelagem da estrutura de forma a possibilitar o cálculo matemático.

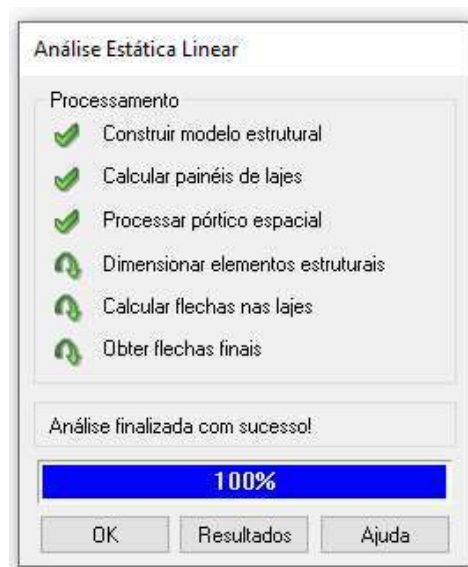
Figura 59 - Verificações Eberick



Fonte: Autoria própria

Ao final da verificação de todos os pavimentos, a estrutura é processada, marcando apenas a opção para ELU, pois primeiramente será analisado o comportamento da estrutura, e verificar a validação do modelo.

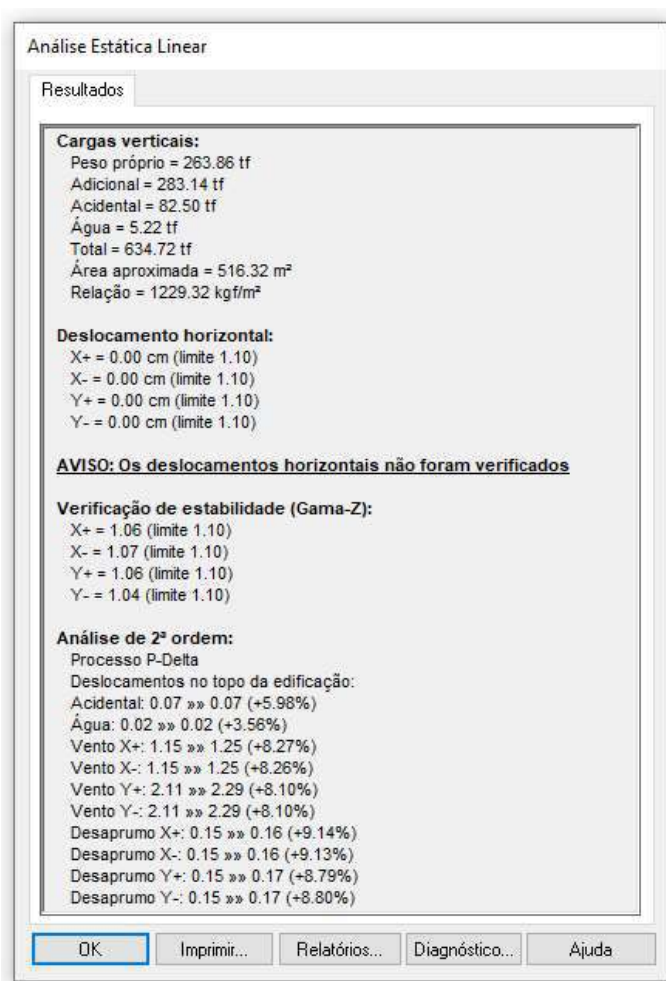
Figura 60 - Processamento Eberick



Fonte: Autoria própria

Analisando os resultados (Figura 61), conclui-se que o modelo estrutural é válido pois a verificação do Gama-Z e do Processo P-Delta ficaram dentro dos seus respectivos limites de 1,1 e 10%. Portanto o modelo elaborado garante a rigidez da estrutura.

Figura 61 - Resultado do processamento



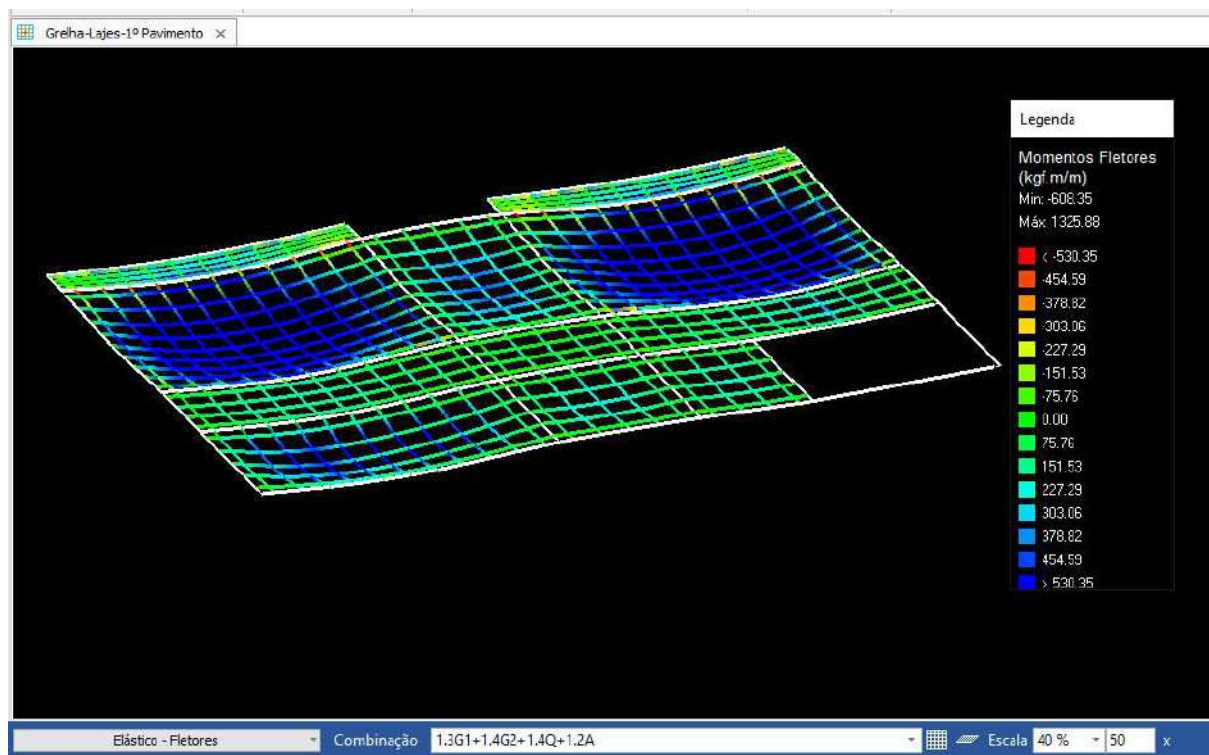
Fonte: Autoria própria

4.4.1 Análise do modelo de Grelhas

A grelha é o modelo matemático de onde o Eberick® vai extrair os esforços solicitantes para fazer o dimensionamento. Na primeira é feita a consideração do modelo linear (modelo elástico). Por se tratar do método de grelhas, a laje é discretizada em barras, podendo uma barra apresentar uma solicitação muito diferente das demais. Por isso deve-se analisar as barras (Figura 62), observando-se não há discrepância de valores entre barras próximas. Dessa forma,

podendo detectar problemas no modelo, inconsistência de modelagem, desvio matemático ou até má distribuição do carregamento. Problemas estes que não refletem o real comportamento da estrutura.

Figura 62 - Análise da grelha



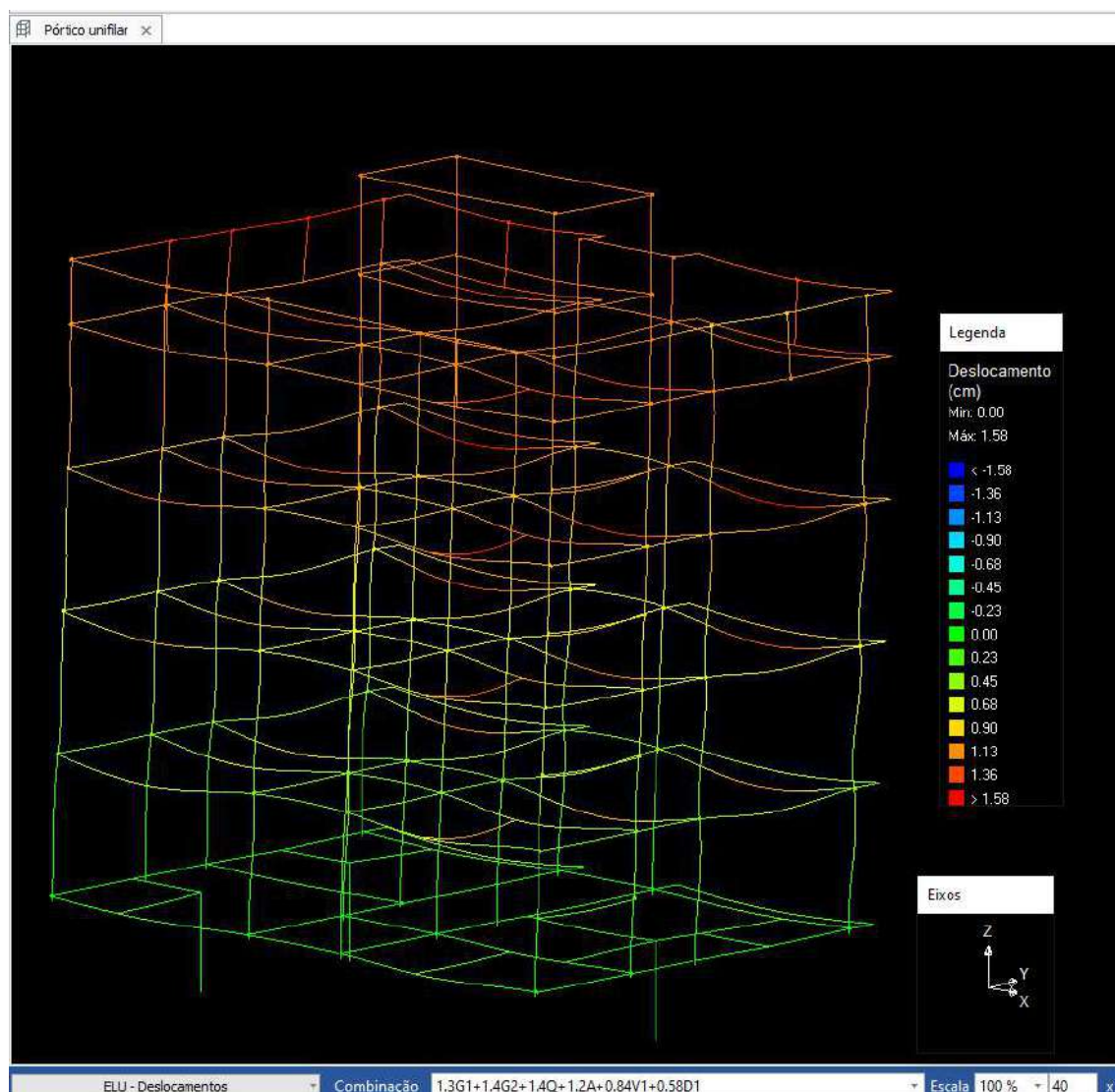
Fonte: Autoria própria.

4.4.2 Análise do pórtico

Antes de iniciar essa etapa é importante ter a garantia da proximidade do modelo criado para as grelhas com o comportamento real da estrutura pois os esforços das grelhas descarregam no pórtico unifilar. É prudente realizar o processamento da estrutura entre uma análise e outra, de modo a observar o comportamento da estrutura fidedigno as alterações feitas.

Observando o pórtico (Figura 63), na análise dos deslocamentos considerando o ELU, já se pode ter uma noção se a concepção inicial está próxima de um modelo a ser validado nos ELU e ELS, verificando onde estão os pontos críticos (com grandes deslocamentos).

Figura 63 - Pórtico



Fonte: Autoria própria

Percebendo que há pontos de grande deslocamentos, é necessário verificar os modelos unifilares com os esforços axiais, de momento fletor, de momento torsor e cortante. Assim possibilitando um melhor entendimento do funcionamento do modelo inicial adotado, e já direcionando as próximas alterações para melhoria do funcionamento da estrutura.

Na etapa de se realizar o dimensionamento, o software fara a análise considerando todas as combinações de carregamento de modo a se considerar a pior situação.

4.5 Verificação das deformações no estado limite de serviço (ELS)

A NBR 6118 (ABNT, 2014) na tabela 13.3 – Limites para deslocamentos, define os limites de deformações que as vigas e lajes devem respeitar quando submetidas ao carregamento. Parte destes limites estão prescritos na tabela 10.

Tabela 10 - Limites de deslocamento

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento Limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	$l/250$
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	$l/350$
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	$l/500$ e 10 mm

Fonte: Adaptado de NBR 6118 (ABNT, 2014)

Como o Eberick® emite apenas avisos a respeito dos deslocamentos verticais, e não mostra exatamente o quão próximo do limite máximo os mesmos estão, foram utilizadas planilhas para a verificação destes deslocamentos, as mesmas estão no anexo A.

4.6 Verificação do estado limite último (ELU)

O ELU é sempre caracterizado pela ruína ou esgotamento da capacidade resistente última. Trata-se de uma situação na qual espera-se que uma estrutura nunca atinja, tanto é que se faz o uso de diversos coeficientes de segurança.

Em lajes e vigas a verificação é feita através da altura útil mínima da peça ($d_{\min}$). A NBR 6118:2014 determina que a altura mínima para vigas através da seguinte equação:

$$d_{\min} = 2 \sqrt{\frac{M_d}{b * f_{cd}}}$$

Onde:

- M_d é o maior momento solicitante no elemento estrutural
- b é a base quando a análise é nas vigas, e vale 100 cm quando a análise é nas lajes
- f_{cd} é a resistência a compressão do concreto.

Para a verificação das lajes e vigas foi utilizado planilhas, as mesmas estão contidas no anexo A.

Nos pilares a verificação é feita por meio da área de seção transversal. Para isso foram feitas as seguintes considerações:

- Taxa de armadura para a verificação do ELU = 2%
- Tensão de escoamento do aço = 420 MPa ($f_{sd} = \epsilon \cdot E = 0,02\% \cdot 210GPa = 420 MPa$).

$$A_c = \frac{\gamma_n \cdot \alpha \cdot N_k}{0,85 f_{cd} + f_{sd}}$$

4.7 Otimização

Após o pré-dimensionamento, ainda restou uma grande variedade de dimensões de peças, o que aumenta o custo de execução devido a confecção de formas, dificultando o processo executivo das mesmas. Portanto foi definido uma padronização dos elementos estruturais conforme as tabelas 11, 12 e 13 de modo a diminuir a variabilidade de peças.

Tabela 11 - Otimização das vigas

Vigas	
Pavimento	Seção (cm)
Térreo	23x40
Tipo	15x35
	15x40
	15x45
Cobertura	15x35
Platibanda	15x30
Fundo Caixa	15x40
Tampa Caixa	15x40

Fonte: Autoria própria

Tabela 12 - Otimização das lajes

Lajes	
Pavimento	Altura (cm)
Tipo	8
	11
Cobertura	8
	11
Fundo Caixa	10

Fonte: Autoria própria

Tabela 13 - Otimização dos pilares

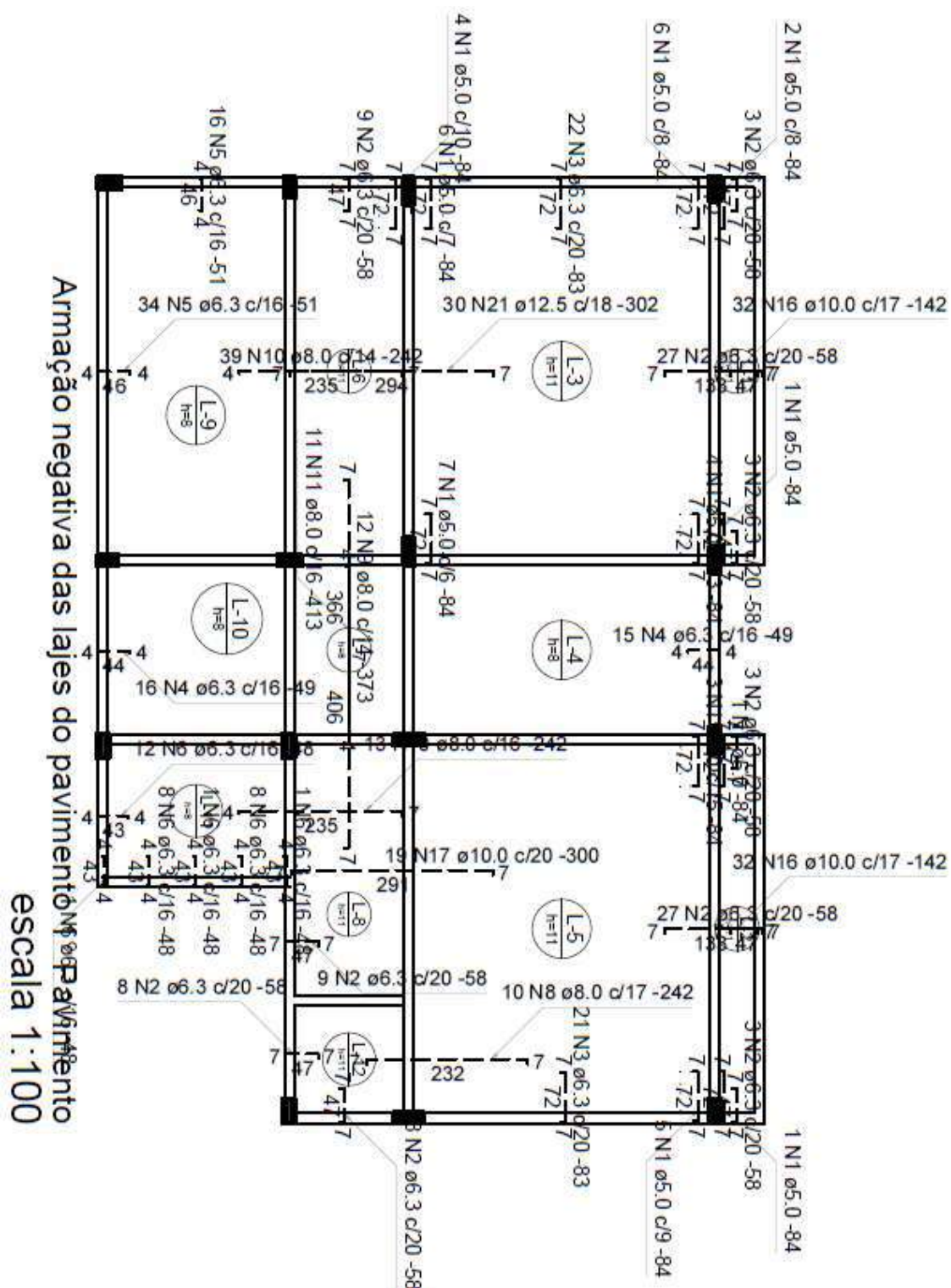
Pilares
Seção (cm)
15x30
15x35
15x40
15x45
17x35

Fonte: Autoria própria

4.8 Detalhamento

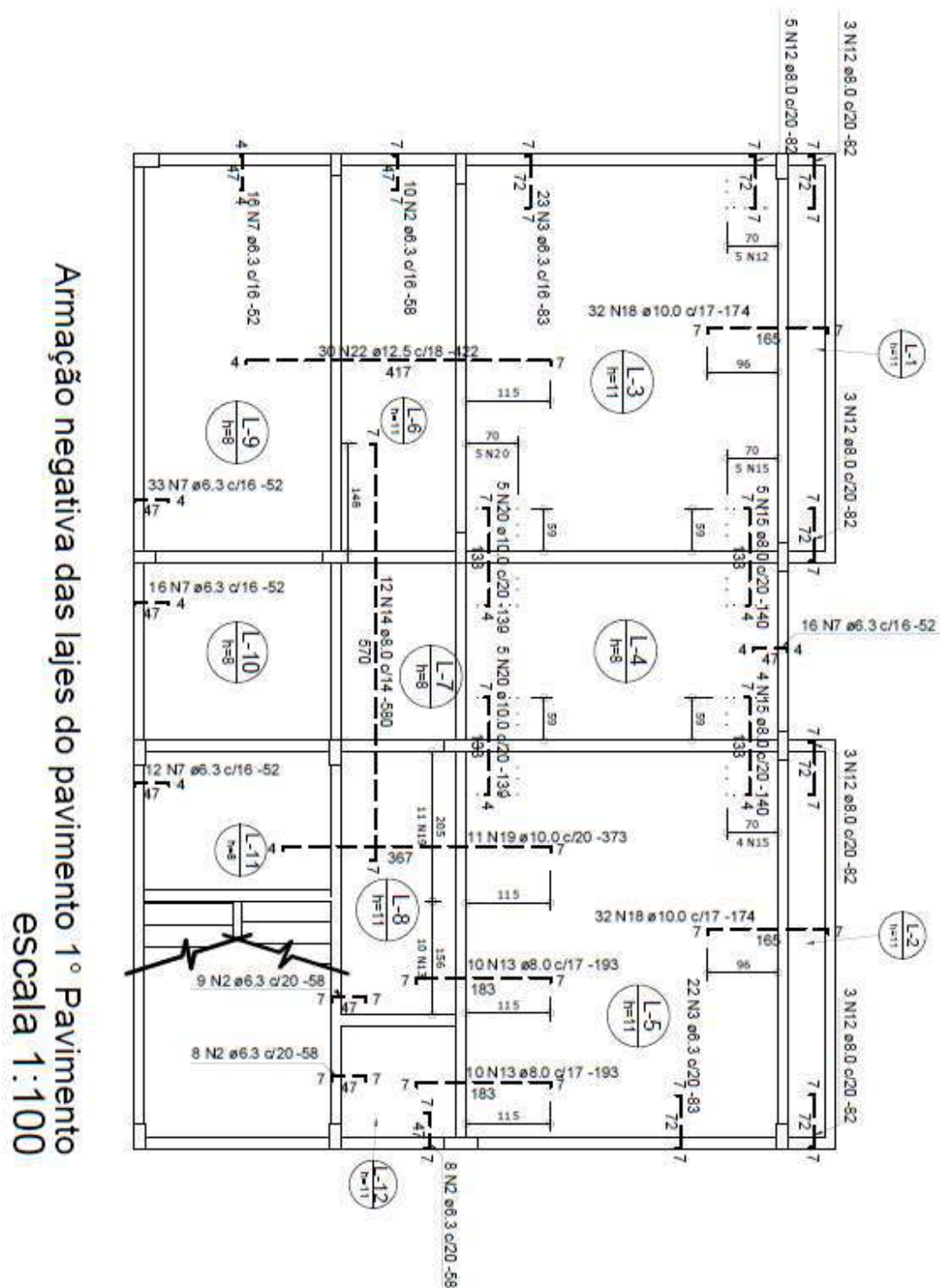
O Eberick gera as pranchas de detalhamento, porém as mesmas não saem prontas para serem executadas (Figura 64), pois devido o software gerar as armaduras de forma otimizada, buscando um menor consumo de aço, é gerado diversas armaduras a cada trecho com uma pequena variação entre as mesmas, o que dificulta tanto a leitura quanto a execução do projeto. Cabe ao engenheiro civil, responsável pelo projeto, padronizar o detalhamento, escolhendo a armação com a maior taxa de aço para cada trecho, sempre preferindo a opção mais a favor da segurança, diminuindo estas variações, facilitando assim a leitura do projeto e a execução da estrutura (Figura 65).

Figura 64 - Detalhamento gerado pelo Eberick



Fonte: Autoria própria

Figura 65 - Detalhamento final



Fonte: Autoria própria

4.9 Pranchas

Para gerar o PDF das pranchas é necessário o uso de algum software auxiliar, pois o projeto é modelado e calculado no Eberick®, posteriormente são gerados os arquivos para o detalhamento no QI Builder®. No QI Builder® é feita a edição dos desenhos e detalhamento, para então gerar os arquivos finais no formato DWG. Os arquivos PDF são gerados no DWG TrueView®

4.10 Índices e taxas de consumo

A principal função dos indicadores de projetos é orientar o profissional para melhorar suas escolhas, maximizando seu rendimento. Os índices encontrados possibilitam a comparação e identificação da justa proporção do custo em função do consumo, e assim permite fazer uma melhor avaliação técnica da estrutura analisada (JABLONSKI, 2013).

4.10.1 Espessura Média (E_m)

O primeiro índice a ser analisado é a relação entre o volume de concreto e a área construída. Recebe o nome de espessura média que é equivalente à espessura hipotética com igual área de construção, (BOTELHO, 2004).

$$E_m = \frac{V_c}{A_{cons}}$$

Sendo V_c o volume de concreto do edifício e A_{cons} área total construída.

Para estruturas de concreto armado com lajes maciças, segundo BOTELHO (2004) a espessura média da superestrutura é de 0,23 m.

4.10.2 Consumo de Aço ($I_{aço}$)

Mostra a taxa de armadura do edifício concebido.

$$I_{aço} = \frac{P_{aço}}{V_c}$$

Sendo $P_{aço}$ o peso total de aço utilizado e V_c o volume de concreto do edifício.

Para estruturas de concreto armado com lajes maciças, segundo BOTELHO (2004) o consumo de aço médio é de 100 kg/m³.

4.10.3 Consumo de Forma (I_{forma})

A relação entre a área de formas para executar toda a estrutura e o volume de concreto total justifica a racionalidade da escolha do sistema estrutural e mostra a coerência ou não do dimensionamento da estrutura quanto à área de fôrmas (JABLONSKI, 2013).

$$I_{forma} = \frac{A_{forma}}{V_c}$$

Sendo A_{forma} a área de forma total e V_c o volume de concreto do edifício.

Para estruturas de concreto armado com lajes maciças, segundo BOTELHO (2004) o consumo de forma médio é de $12\text{m}^2/\text{m}^3$

4.10.4 Taxa de aço (kg/m^2)

Mostra o consumo de aço por metro quadrado construído. Tal parâmetro de grande importância para realização de orçamentos e estudos de viabilidade do empreendimento.

$$Taxa\ de\ Aço = \frac{P_{aço}}{A_{cons}}$$

Sendo $P_{aço}$ o peso total de aço utilizado e A_{cons} área total construída.

Para estruturas de concreto armado com lajes maciças, segundo BOTELHO (2004) o consumo médio de aço por metro quadrado construído é $18\text{ kg}/\text{m}^2$.

4.10.5 Taxa de forma (kg/m^2)

Mostra o consumo de forma por metro quadrado construído. Tal parâmetro de grande importância para realização de orçamentos e estudos de viabilidade do empreendimento.

$$Taxa\ de\ Aço = \frac{A_{forma}}{A_{cons}}$$

Sendo A_{forma} a área total de forma utilizada e A_{cons} área total construída.

Para estruturas de concreto armado com lajes maciças, segundo BOTELHO (2004) o consumo médio de forma por metro quadrado construído é $18\text{ kg}/\text{m}^2$.

5 ANÁLISE E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

5.1 Consumo de materiais

O resumo de materiais possibilita ao engenheiro projetista comparar a eficiência do projeto desenvolvido, permite a análise de viabilidade do empreendimento e facilita a compra de materiais por parte da obra (Tabela 14).

Tabela 14 – Resumo de Materiais

RESUMO DE MATERIAIS	
Volume de concreto (m³)	97,50 m³
Peso do aço +10 % (kg)	8.934,40 kg
Área de forma (m²)	1.178,50 m²
Área Total Construída	671,01 m²

Fonte: Autoria própria

Os critérios e referencias utilizados na tabela 14 estão descritos no item 4.10 do presente trabalho.

A implantação dos índices de consumos nas empresas (Tabela 15), constitui-se em parâmetros de referência e aferição de projetos em desenvolvimento. Isto possibilita, no âmbito de projetos estruturais, a identificação do quantitativo de materiais, fornecendo uma previsão ou um parâmetro de controle mostrando se houve um consumo díspar de algum material para a estrutura analisada (JABLONSKI, 2013).

Tabela 15 - Índices e taxas de consumo

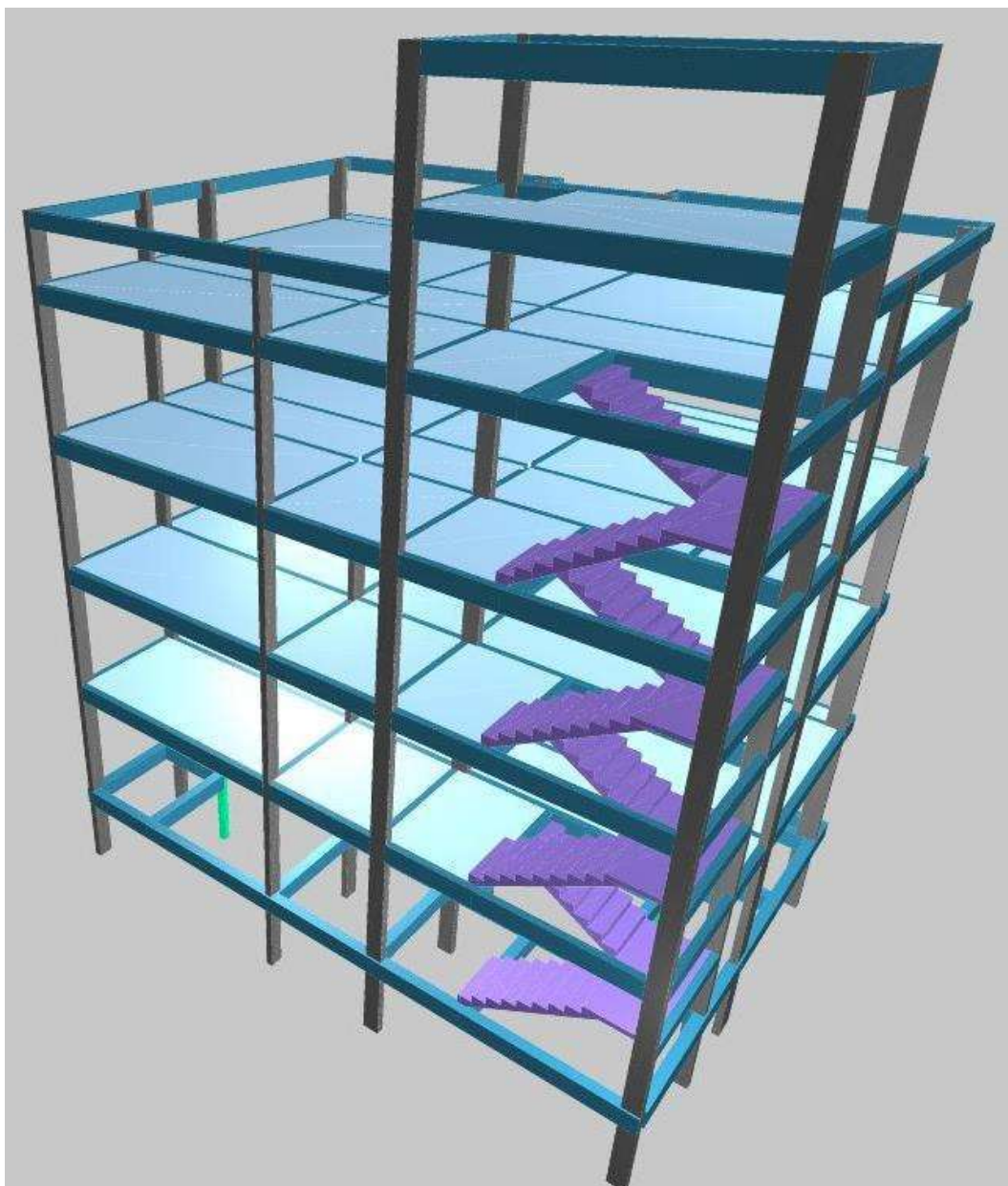
Índice	Projeto	Valor de Referência	Análise
Consumo de aço ($I_{aço}$) [kg/m³]	91,63	100	OK
Consumo de Forma (I_{forma}) [m²/m³]	12,09	12	OK
Espessura Média (E_m) [m³ / m²]	0,15	0,23	OK
Taxa de Aço [kg / m²]	13,31	18	OK
Taxa de Forma [m²/m²]	1,76	2,5	OK

Fonte: Autoria própria

5.2 Pranchas

Ao todo foram geradas 41 pranchas nos formatos PDF e DWG, 1 planilha contendo o consumo de materiais e um arquivo IFC referente a modelagem 3D da estrutura (Figura 66).

Figura 66 – Modelo 3D da estrutura



Fonte: Autoria própria

6 CONCLUSÃO

6.1 Conclusões

O desenvolvimento deste trabalho permitiu aprimorar as habilidades adquiridas ao longo do curso e nos estágios realizados, colocando em uso os conhecimentos vistos em obra, escritório de projetos e os aprendidos no curso de Engenharia do IFG-Campus Goiânia. Valendo a pena salientar a importância da emenda do curso permitir que o aluno tenha acesso às disciplinas de projetos estruturais a partir do 7º Período e não apenas faltando 1 semestre para a finalização do curso, como infelizmente ocorre em parte dos cursos de Engenharia Civil do Brasil.

O projeto estrutural por mais que tenha normas e bibliografias a respeito das formas de se fazer a sua concepção, exige do calculista uma grande experiência técnica e estudo, pois são inúmeras as possibilidades de solução em uma concepção estrutural, e é inviável que o engenheiro teste todas elas para chegar no modelo final. Portanto a habilidade e capacidade do profissional desta área tem muito haver com o seu conhecimento técnico, tempo de atuação e número de projetos realizados.

O Eberick é uma ferramenta que atende às necessidades do calculista para a execução do cálculo estrutural, porém é de suma importância o conhecimento da teoria para analisar e aprimorar as limitações do software. O software é basicamente uma calculadora, as configurações e entrada de dados são realizadas pelo engenheiro. É de suma importância que o responsável pela elaboração do projeto, conheça o modelo usado pelo software para a realização do cálculo, pois a veracidade do detalhamento depende da fidedignidade do modelo criado com o real comportamento da estrutura quando colocada em uso.

Ao desenvolver um trabalho como esse, fica nítido a conclusão de que o cálculo estrutural feito por software, tornam as verificações muito rápidas podendo fazer diversas simulações para tornar os dimensionamentos mais econômicos e adequados às normas.

Quanto aos índices e taxas de consumo analisados conclui-se que a estrutura analisada atende os critérios básicos de consumo, pois quando comparada com valores utilizados pelo mercado da construção civil, atende todos eles.

6.2 Sugestões para futuros trabalhos

Visto que o estudo acerca do desenvolvimento de projeto estrutural em concreto armado é de extrema importância devido ao fato de esse tipo de estrutura ser a mais utilizada no Brasil, fica como sugestão para trabalhos futuros a utilização da mesma metodologia aplicada para diferentes tipos de lançamento e tipos de laje, como a nervurada, utilizando a mesma arquitetura de modo a comparar o consumo de materiais utilizando outras premissas de lançamento.

É de extrema relevância também a utilização das mesmas premissas de lançamento deste trabalho em edificações mais robustas, procurando avaliar se o procedimento utilizado no presente trabalho tem validade para estruturas mais complexas.

REFERÊNCIAS

- ALTOQI, ALTOQI EBERICK. 2019c. Disponível em: . Acesso em: 12/06/2022.
- ARAÚJO, J. M. Curso de Concreto Armado. 3^a. ed. Rio Grande: Dunas, v. 2, 2010. 405 p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6118. Rio de Janeiro, ABNT, 2014, 238p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações para o cálculo de estruturas de edificações**, NBR 6120. Rio de Janeiro, ABNT, 2019, 61p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estruturas de concreto – Procedimento**, NBR 6123. Rio de Janeiro, ABNT, 1988, 66p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas - Procedimento**, NBR 8681. Rio de Janeiro, ABNT, 2011, 15p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Ações e segurança nas estruturas - Procedimento**, NBR 14724. Rio de Janeiro, ABNT, 2003, 18p.
- BARBOZA, M. R. Concepção e Análise de Estrutura de Edifícios em Concreto Armado. Relatório (Relatório Final de Iniciação Científica) - Faculdade Engenharia. Bauru, p. 165. 2008.
- BASTOS, P.S.S.. **Pilares de Concreto Armado**. 2017. 100p. Apostila de Sala de Aula. Universidade Estadual Paulista. Bauru, 2017
- BEER, F. P.. JOHNSTON, E. R., MAZUREK, D. F. . Mecânica Vetorial para Engenheiros: Estática. 9^a Edição. Editora: Mc Graw Hill, Bookman. 2011.
- BOTELHO, M. H.C.;MARCHETTI, O. Concreto Armado Eu te Amo, volume II, 2004
- CURY, A. A.. Carregamento Axial. 2018. 33p. Apostila de Sala de Aula. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2018.

CARVALHO, R. C., FILHO, J. R. F., **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 4ª edição. Editora: EdUFSCar. São Carlos (SP), 2014. 415 p.

COSTA, J. B., CARMO, L. C., **Projetos Estruturais**. 2019. 80p. Apostila de sala de aula. Pontificia Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2019

FONTES, F. F. Análise Estrutural de Elementos Lineares Segundo a NBR 6118:2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, p. 136. 2005.

FRANCESCHI, L. **Como optar entre o modelo de análise integrado ou de grelha com pórtico espacial**. QI Suporte. 2021. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/360001391833-Como-optar-entre-o-modelo-de-an%C3%A1lise-integrado-ou-de-grelha-com-p%C3%B3rtico-espacial#:~:text=No%20Eberick%2C%20existem%20dois%20modelos,de%20grelhas%20e%20p%C3%B3rtico%20espacial> . Acesso em: 18/05/2022.

JABLONSKI, L. **Índices de consumo de materiais em função da tipologia estrutural**. 2013. 72 F. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pampa.

MARINHO, F. Equação dos três momentos: teoria. Guia da Engenharia. 2019. Disponível em: < <https://www.guiadaengenharia.com/equacao-tres-momentos-teoria/>>. Acesso em: 10/05/2022.

FUSCO, P.B... **Estruturas de concreto. Solicitações Normais..** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981

GELINSKI, Rebecca Marie Neves. **Análise de edifícios de concreto armado considerando a não linearidade física através dos processos simplificados**. 2020. 85 F. DISSERTAÇÃO (MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL) – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. CURITIBA, 2020.

GIONGO, J. S., **Concreto Armado: Projeto Estrutural de Edifícios**. 2007. 194p. Apostila de Sala de Aula. Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2007.

KARVAT, R., **Arquitetura e Urbanismo – Sistemas Estruturais 1**. 2016. 11p. Apostila de Sala de Aula. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2016

KIMURA, A.. **Informática aplicada a estruturas de concreto armado**. 2ª Edição. São Paulo: Oficina de Textos, 2018

PINHEIRO, L. M., SCADELAI, M. A., **Estruturas de Concreto – Capítulo 16**. 2003. 33p. Apostila de Sala de Aula. Universidade de São Paulo / Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2003.

PINHEIRO, L. M., ZUMAETA, W., **Projeto Estrutural de Edifícios sem uso de software comercial**. 2020. 483p. WL Cursos Online e Presenciais, 2020.

REVISTA CONSTRUA NEGÓCIOS. Pilares de concreto: saiba o que estes elementos significam para a Engenharia e Arquitetura. Construa Negócios. 2021. Disponível em: <<https://revistaconstrua.com.br/noticias/engenharia/pilares-de-concreto-saiba-o-que-estes-elementos-significam-para-a-engenharia-e-arquitetura>>. Acesso em: 17/05/2022.

LINS, F. F. V. Comparativos entre Modelos Integrados de Análise, Formados por Pórtico Espacial e Grelha, Aplicados em Estruturas de Concreto Armado de Edifícios de Múltiplos Pavimentos. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, p. 124. 2010.

LONGO, L. F.. **Como é calculada a velocidade característica do vento?**, QISuporte. 2021. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115004588714-Como-%C3%A9-calculada-a-velocidade-caracter%C3%ADstica-do-vento->>. Acesso em: 05/06/2022

MAGALHÃES, G. M. Fôrmas para concreto: Subsídios para otimização do projeto segundo a NBR 7190/97. 2000. 226 f. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.

MERLIN, A.J. Análise probabilística do comportamento ao longo do tempo de elementos parcialmente pré-moldados com ênfase em flechas de lajes com armação treliçada. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas). Escola de engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

APÊNDICE A – PRANCHAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO

OBSERVAÇÕES

- DE ACORDO COM A LEI COMPLEMENTAR 302 DE DEZ/2016, "É DE RESPONSABILIDADE DO PROPRIETÁRIO OU INTERESSADO A APROVAÇÃO DO PROJETO JUNTO AO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS, E NO ATO DA EMISSÃO DA CERTIDÃO DE CONCLUSÃO DE OBRA DEVERÁ SER APRESENTADO O CERTIFICADO DE CONFORMIDADE OU SIMILAR EMITIDO PELO MENCIONADO ÓRGÃO."

- "O PROJETO ATENDE AS REGRAS PREVISTAS NAS NORMAS TÉCNICAS DE ACESSIBILIDADE: ABNT NBR 9050/2015, LEI N° 10.098/2000, DECRETO N° 5.296 DE DEZ/2004", LEI N° 13.146 E DECRETO 3057/2015

- É DE RESPONSABILIDADE DO PROFISSIONAL QUE ASSINOU A ART DE EXECUÇÃO E PROJETO, O DETALHE DA CAIXA DE INFILTRAÇÃO (RECARGA) E O MEMORIAL DE CÁLCULO

- O PASSEIO ATENDE AO DECRETO N° 3057 DE 15 DE DEZEMBRO DE 2015

- NO PROJETO LEGAL NÃO DEVERÁ SER APRESENTADO DETALHAMENTO, ESTE DEVERÁ SER OBJETO DO PROJETO EXECUTIVO.

NOTAS DA ESCADA

- Todas as saídas de emergência, tais como escadas, patamares, balcões, rampas, etc., localizados junto à face externa dos pavimentos e mezaninos com lado aberto, deve ter guardas contínuas para evitar quedas.

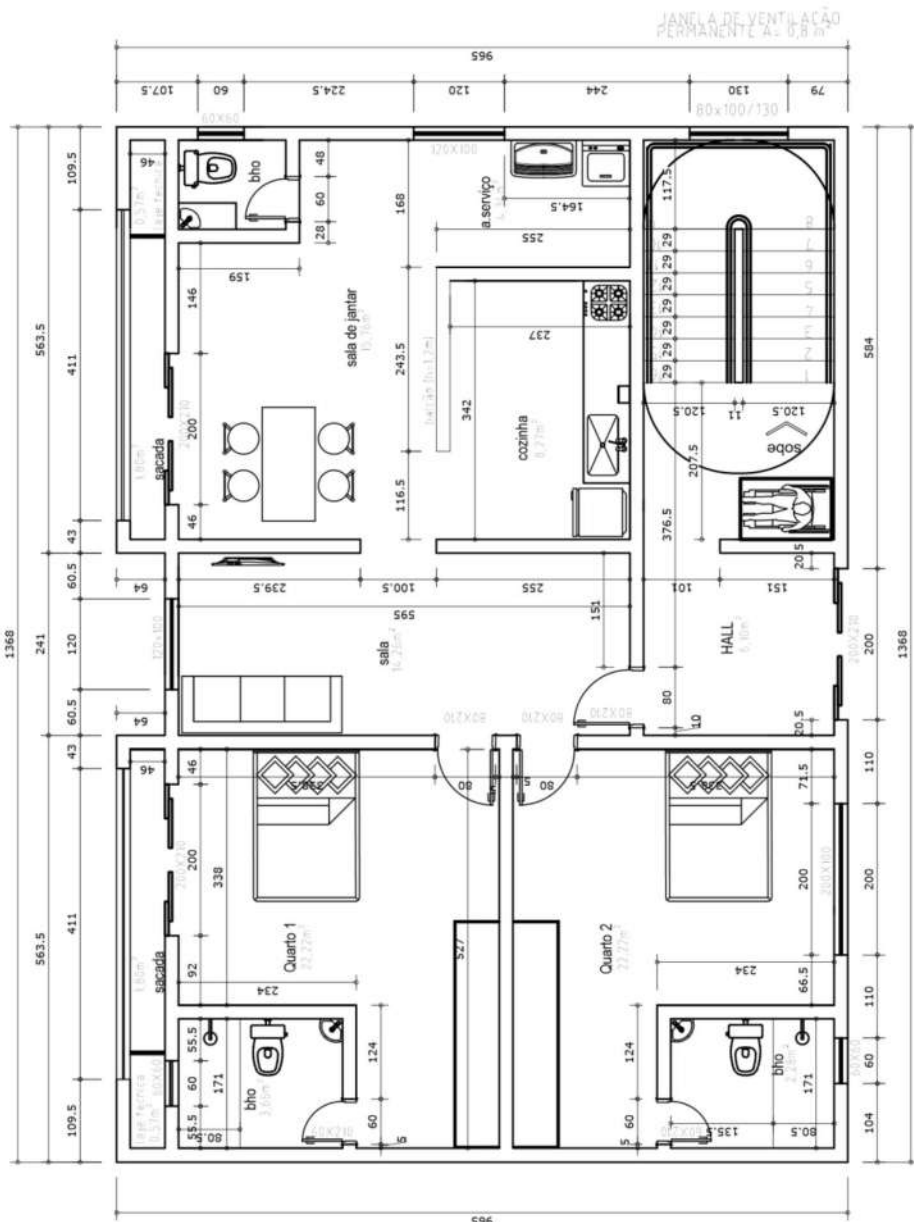
- Os guarda-corpos devem atender às ABNT NBR 9077 e ABNT 14718;

- Os guarda-corpos devem ter altura igual ou maior que 1,10m (medida vertical no topo da guarda ao nazi do degrau), com longarinas intermediárias com distâncias de, no máximo 25cm entre si, e balustres verticais com espaçamentos máximo de 15cm um do outro, proporcionando segurança contra quedas.

- Os guarda-corpos, corrimãos e respectivas fixações deve ser tal que não haja saliência, abertura ou elementos de grade ou painéis que possa enganchar em roupas;

- Os corrimãos, serão instalados dos dois lados de cada lance das escadas e rampas e estarão entre 70 e 92cm de altura, ser fixado pela sua parte inferior, ter largura máxima de 6cm e estar afastado no mínimo, 4cm da face das paredes ou guarda-corpo a que estiver fixados.

- Todos os pisos dos degraus, os patamares e rampas serão de piso antiderrapantes e retardante ao fogo.



Planta Baixa do pavimento Térreo
escala 1:100

Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	01/12/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 78, 46 - Centro Oeste, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M.e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG
Drª Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

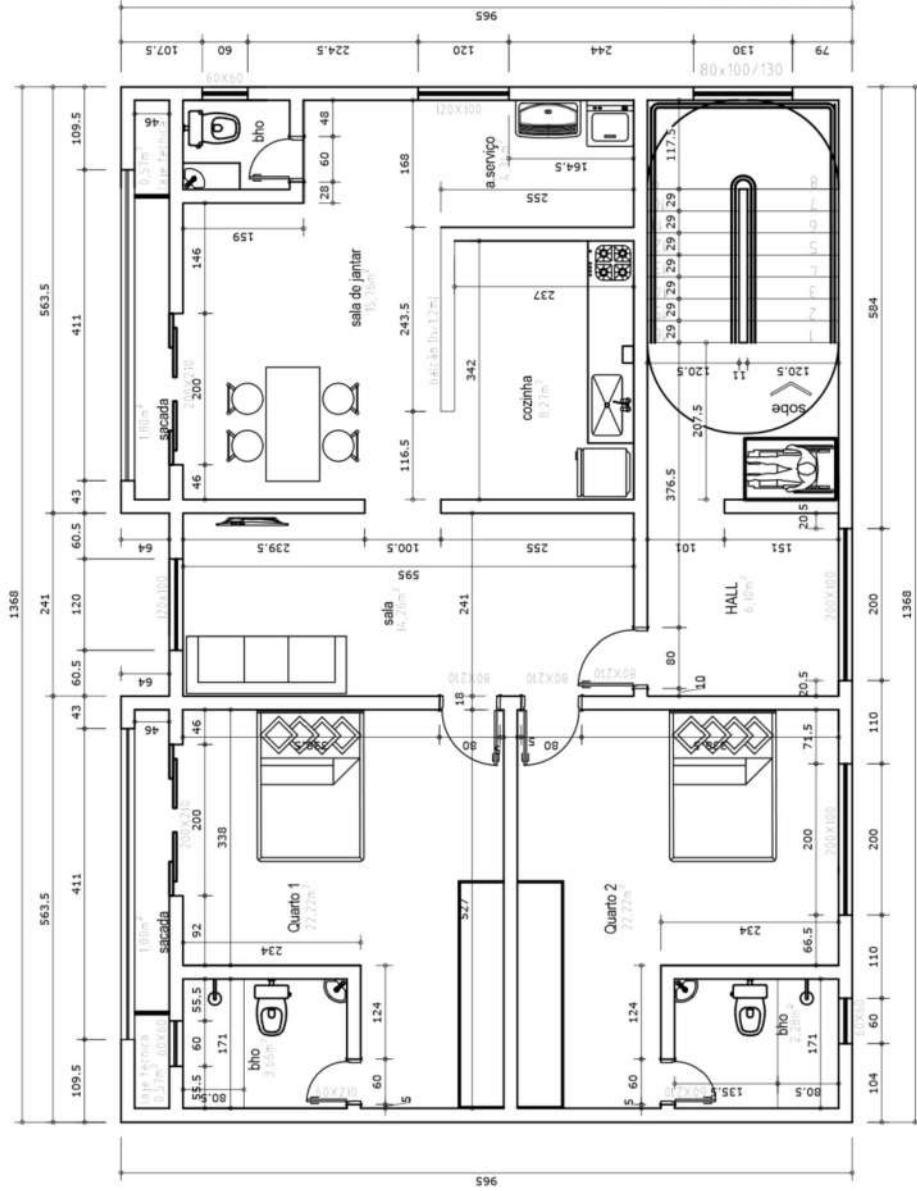
ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, Efp= 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60

ARQUITETURA
IFG_TCC_Bolado_APR_01_TercelapR00 cad

Térreo

Conteúdo:	31
- Planta baixa do pavimento Térreo	1
<>	<>
<>	4

OS DIREITOS AUTORES DESTE PROJETO PERTENCEREM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ATERIÇÃO. LEI 5986 ART 25



Planta Baixa do pavimento Tipo
escala 1:100

OBSERVAÇÕES

- DE ACORDO COM A LEI COMPLEMENTAR 302 DE DEZ/2016, "É DE RESPONSABILIDADE DO PROPRIETÁRIO OU INTERESSADO A APROVAÇÃO DO PROJETO JUNTO AO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS, E NO ATO DA EMISSÃO DA CERTIDÃO DE CONCLUSÃO DE OBRA DEVERÁ SER APRESENTADO O CERTIFICADO DE CONFORMIDADE OU SIMILAR EMITIDO PELO MENCIONADO ÓRGÃO."

- O PROJETO ATENDE AS REGRAS PREVISTAS NAS NORMAS TÉCNICAS DE ACESSIBILIDADE: ABNT NBR 9050/2015, LEI N° 10.099/2000, DECRETO N° 5.296 DE DEZ/2004, LEI N° 13.146 E DECRETO 3057/2015

- É DE RESPONSABILIDADE DO PROFISSIONAL QUE ASSINOU A ART DE EXECUÇÃO E PROJETO, O DETALHE DA CAIXA DE INFILTRAÇÃO (RECARGA) E O MEMORIAL DE CÁLCULO

- O PASSEIO ATENDE AO DECRETO N° 3057 DE 15 DE DEZEMBRO DE 2015

- NO PROJETO LEGAL NÃO DEVERÁ SER APRESENTADO DETALHAMENTO. ESTE DEVERÁ SER OBJETO DO PROJETO EXECUTIVO.

NOTAS DA ESCADA

- Todas as saídas de emergência, tais como escadas, patamares, balcões, rampas, etc., localizados junto à face externa dos pavimentos e mezaninos com lado aberto, deve ter guardas contínuas para evitar quedas.

- Os guarda-corpos devem atender às ABNT NBR 9077 e ABNT 14718;

- Os guarda-corpos devem ter altura igual ou maior que 1,10m (medida vertical no topo da guarda ao nartiz do degrau), com longarinas intermediárias com distâncias de, no máximo 25cm entre si, e balustres verticais com espaçamentos máximo de 15cm um do outro, proporcionando segurança contra quedas.

- Os guarda-corpos, corrimãos e respectivas fixações deve ser tal que não haja saliência, abertura ou elementos de grade ou painéis que possa enganchar em roupas;

- Os corrimãos, serão instalados dos dois lados de cada lance das escadas e rampas e estarão entre 70 e 92cm de altura, ser fixado pela sua parte inferior, ter largura máxima de 6cm e estar afastado no mínimo, 4cm da face das paredes ou guarda-corpo a que estiver fixados.

- Todos os pisos dos degraus, os patamares e rampas serão de piso antiderrapantes e retardante ao fogo.

Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	01/12/2022	Rodrigo

Habitação Multifamiliar

Instituição: Instituto Federal de Goiás - IFG Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO
INSTITUTO FEDERAL Goiás

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

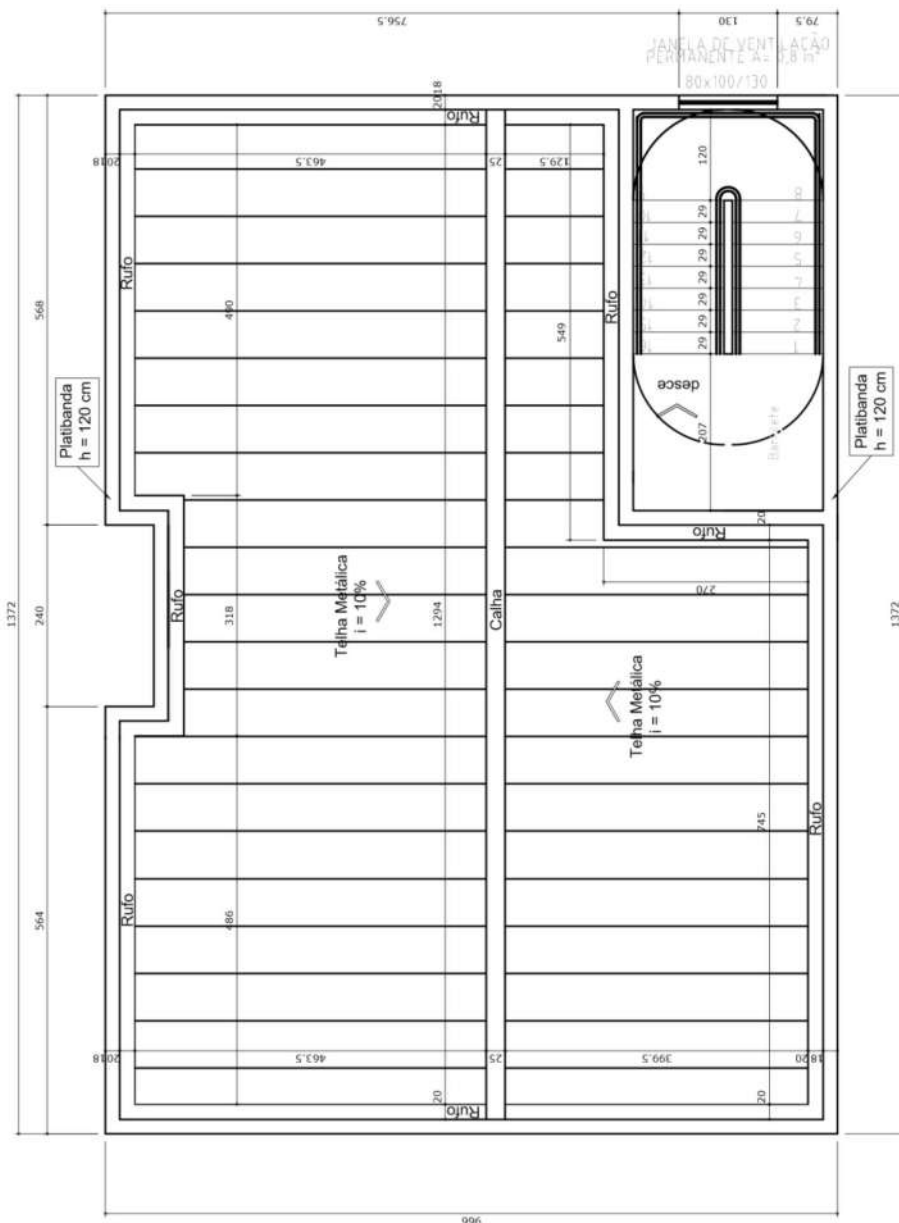
ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E>= 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60

<> IFG, TCC, Rodrigo, ARQ, 02, 1mg, 200, CAD

TIPO 1 AO 3

Conteúdo: - Planta baixa dos pavimentos Tipo 1 ao 3	32
<>	2
<>	4

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA OBRA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ALTERADA. LEI 5996 ART 25



Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	01/12/2022	Rodrigo

Habitación Multifamiliar

 **Instituição:**
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia, GO

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M e Claudio Marra Alves
Orientador - IFG
D^o Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, $E_s = 30673 \text{ MPa}$
Fator $A/C \leq 0,6$, Slump = 14 ± 2 , ACO CA50 e CA60

ARQUITETURA	IFG TCC Rodrigo ARQ 03 Coberfusa B200 CAD
-------------	---

Cobertura

Conteúdo:	- Planta baixa do pavimento Cobertura	Folha n.º:	3
<	>		4
>	<		

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA OBRA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS. É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO, MÚLTIPLO OU ALTERNATIVA, SEM A AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO DOS AUTORES.

**APÊNDICE B – TABELAS DE PRÉ-DIMENSIONAMENTO E
VERIFICAÇÕES**

Tabela 16 - Pré-dimensionamento dos pilares.

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DOS PILARES																
PILAR	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16
Nd (kN)	980	978	978	871	892	1.075	1.075	892	645	1.013	1.393	887	448	645	887	615
A _i (cm ²)	8,1	11,2	11,2	8,1	8,3	12,3	12,3	8,3	6	11,6	11,6	6	3,7	6	6	3,7
CA (kN/m ²)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	10	10	11	11
Nk (kN)	324	448	448	324	332	492	492	332	240	464	638	330	148	240	330	204
Nº PAV	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	4	4	5	5
α	1,8	1,3	1,3	1,6	1,6	1,3	1,3	1,6	1,6	1,3	1,3	1,6	1,8	1,6	1,6	1,8
γ _f	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
γ _n	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
T _r (kN/cm ²)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6
A (cm ²)	376	375	375	334	342	412	412	342	247	388	534	340	172	247	340	236
h _x (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
h _{y, (calculado)} (cm)	25	25	25	24	24	27	27	24	24	26	36	24	24	24	24	24
h _{y, (adotado)} (cm)	25	25	25	25	25	30	30	25	25	30	35	35	30	30	35	35
Nd – Carga de Projeto; A _i – Área de Influência; CA – Carga por pavimento; Nk – Carga Característica por pavimento; Nº PAV – Número de pavimentos na prumada do pilar; α – Coeficiente de majoração segundo a posição do pilar (Tabela 11.1 – NBR 6118:2014); γ _f – Coeficiente de majoração do esforço; γ _n – Coeficiente de Majoração adicional (Tabela 13.1 NBR 6118:2014); T _r – Tensão resistente do pilar – Taxa de armadura =2% (fck / 1,15); A – área da seção para atender o Nd; h _x – menor dimensão do pilar; h _{y, (calculado)} – maior dimensão do pilar segundo o dimensionamento; h _{y, (adotado)} – maior dimensão do pilar adotada																

Fonte: Autoria própria

Tabela 17 - Pré-dimensionamento das vigas

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS					
Pavimento	Viga	Maior Vão	Tipo de Viga	H_{est}	H_{adot}
TIPO	V-1	545	Bi Apoiada	54,5	55
	V-2	545	Bi Apoiada	54,5	55
	V-3	545	Contínua	45,4	45
	V-4	545	Contínua	45,4	45
	V-5	545	Contínua	45,4	45
	V-6	545	Contínua	45,4	45
	V-7	434	Contínua	36,2	35
	V-8	434	Contínua	36,2	35
	V-9	434	Contínua	36,2	35
	V-10	270	Bi Apoiada	27,0	30
	V-11	434	Contínua	36,2	35
COBERTURA	VC-1	545	Bi Apoiada	54,5	55
	VC-2	545	Bi Apoiada	54,5	55
	VC-3	545	Contínua	45,4	45
	VC-4	545	Contínua	45,4	45
	VC-5	545	Contínua	45,4	45
	VC-6	545	Contínua	45,4	45
	VC-7	434	Contínua	36,2	35
	VC-8	434	Contínua	36,2	35
	VC-9	434	Contínua	36,2	35
	VC-10	270	Bi Apoiada	27,0	30
	VC-11	434	Contínua	36,2	35
PLATIBANDA	VP-1	250	Contínua	20,8	30
	VP-2	250	Contínua	20,8	30
	VP-3	244	Bi Apoiada	24,4	30
	VP-4	250	Contínua	20,8	30
	VP-5	232,5	Contínua	19,4	30
	VP-6	56,5	Balanço	8,1	30
	VP-7	56,5	Balanço	8,1	30
	VP-8	232,5	Contínua	19,4	30
FUNDO CAIXA	VFC -1	505	Bi Apoiada	50,5	50
	VFC -2	507,5	Bi Apoiada	50,8	50
	VFC -3	255	Bi Apoiada	25,5	50
	VFC -4	255	Bi Apoiada	25,5	50
TAMPA CAIXA	VFC -1	505	Bi Apoiada	50,5	50
	VFC -2	507,5	Bi Apoiada	50,8	50
	VFC -3	255	Bi Apoiada	25,5	50
	VFC -4	255	Bi Apoiada	25,5	50
H _{est} - Altura do pré-dimensionamento; H _{adot} - Altura adotada					

Fonte: Autoria própria

Tabela 18 - Pré-dimensionamento das lajes

PRÉ-DIMENSIONAMENTO DAS LAJES							
Pavimento	Laje	Dimensões		h_{NBR}	h(L/40)	h*	h_{pré}
		L_{menor}	L_{maior}				
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
TIPO	L-1	49	530,0	10	1,2	10	10
	L-2	49	530,0	10	1,2	10	10
	L-3	427	530,0	8	10,7	11	11
	L-4	244	426,5	8	6,1	8	8
	L-5	427	530,0	8	10,7	11	11
	L-6	157	530,0	8	3,9	8	8
	L-7	157	244,0	8	3,9	8	8
	L-8	157	530,0	8	3,9	8	8
	L-9	255	530,0	8	6,4	8	8
	L-10	244	255,0	8	6,1	8	8
	L-11	190	255,0	8	4,8	8	8
COBERTURA	LC-1	49	530,0	10	1,2	10	10
	LC-2	49	530,0	10	1,2	10	10
	LC-3	427	530,0	8	10,7	11	11
	LC-4	244	426,5	8	6,1	8	8
	LC-5	427	530,0	8	10,7	11	11
	LC-6	157	530,0	8	3,9	8	8
	LC-7	157	244,0	8	3,9	8	8
	LC-8	157	530,0	8	3,9	8	8
	LC-9	255	530,0	8	6,4	8	8
	LC-10	244	255,0	8	6,1	8	8
	LC-11	190	255,0	8	4,8	8	8
FUNDO CAIXA	LFC-1	255	537,5	8	6,4	8,00	8
h* = maior valor obtido entre os estimados; h _{pré} = valor a ser adotado, de forma a padronizar							

Fonte: Autoria própria

Tabela 19 - Verificação inicial do ELS das lajes

VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DAS LAJES QUANTO AO ELS-DEF (ESPESSURA OBTIDA NO PRÉ-DIMENSIONAMENTO)					
Flechas (ELS - DEF)					
LAJE	h	l_x	f_{lim} (NBR)	f_{oo} (Eberick)	SITUAÇÃO ELS
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
L-1	10	64	0,26	0,75	Ajustar Elemento
L-2	10	64	0,26	0,8	Ajustar Elemento
L-3	11	441,5	1,77	1,67	OK
L-4	8	259	1,04	0,8	OK
L-5	11	441,5	1,77	2,03	Ajustar Elemento
L-6	8	171,5	0,69	0,7	Ajustar Elemento
L-7	8	171,5	0,69	0	OK
L-8	8	172,5	0,69	1,34	Ajustar Elemento
L-9	8	272,5	1,09	1,29	Ajustar Elemento
L-10	8	270	1,08	0,17	OK
L-11	8	205	0,82	0,65	OK
LC-1	10	64	0,26	0,6	Ajustar Elemento
LC-2	10	64	0,26	0,65	Ajustar Elemento
LC-3	11	441,5	1,77	0,98	OK
LC-4	8	259	1,04	0,5	OK
LC-5	11	441,5	1,77	1,25	OK
LC-6	8	171,5	0,69	0,58	OK
LC-7	8	171,5	0,69	0	OK
LC-8	8	172,5	0,69	0,8	Ajustar Elemento
LC-9	8	272,5	1,09	0,83	OK
LC-10	8	270	1,08	0,17	OK
LC-11	8	205	0,82	0,43	OK
LFC-1	8	255	1,02	1,12	Ajustar Elemento

Fonte: Autoria própria

Tabela 20 - Verificação final do ELS das lajes

VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DAS LAJES QUANTO AO ELS-DEF (ESPESSURA OBTIDA APÓS AJUSTES)					
Flechas (ELS - DEF)					
LAJE	h	l_x	f_{lim} (NBR)	f_{oo} (Eberick)	SITUAÇÃO ELS
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
L-1	11	64	0,26	0,64	Ajustar Elemento
L-2	11	64	0,26	0,62	Ajustar Elemento
L-3	11	441,5	1,77	1,32	OK
L-4	8	259	1,04	0,69	OK
L-5	11	441,5	1,77	1,23	OK
L-6	8	171,5	0,69	0,68	OK
L-7	8	171,5	0,69	0	OK
L-8	8	172,5	0,69	0,68	OK
L-9	8	169	0,68	0,59	OK
L-10	8	270	1,08	0,97	OK
L-11	8	270	1,08	0,17	OK
L-12	8	270	1,08	0,5	OK
LC-1	10	64	0,26	0,6	Ajustar Elemento
LC-2	10	64	0,26	0,65	Ajustar Elemento
LC-3	11	441,5	1,77	0,98	OK
LC-4	8	259	1,04	0,5	OK
LC-5	11	441,5	1,77	1,25	OK
LC-6	8	171,5	0,69	0,58	OK
LC-7	8	171,5	0,69	0	OK
LC-8	8	172,5	0,69	0,8	Ajustar Elemento
LC-9	8	272,5	1,09	0,83	OK
LC-10	8	270	1,08	0,17	OK
LC-11	8	205	0,82	0,43	OK
LFC-1	10	255	1,02	0,58	OK

Fonte: Autoria própria

Tabela 21 - Verificação inicial do ELS das vigas

Flechas (ELS - DEF)								
Viga	Vão	Imediatos	Diferidos	Total	h	L	f_{lim}	Situação ELS
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
VT-1	1	0,16	0,17	0,33	40	545,0	2,18	OK
VT-2	1	0,14	0,17	0,30	40	545,0	2,18	OK
VT-3	1	0,05	0,07	0,12	40	545,0	2,18	OK
	2	0,00	0,00	0,01	40	259,0	1,04	OK
	3	0,06	0,07	0,13	40	545,0	2,18	OK
VT-4	1	0,03	0,04	0,08	40	189,0	0,76	OK
VT-5	1	0,03	0,04	0,08	40	189,0	0,76	OK
VT-6	1	0,05	0,06	0,11	40	355,5	1,42	OK
VT-7	1	0,03	0,04	0,08	40	545,0	2,18	OK
VT-8	1	0,00	0,00	0,01	40	268,0	1,07	OK
	2	0,07	0,08	0,15	40	527,0	2,11	OK
VT-9	1	0,00	0,01	0,01	40	189,0	0,76	OK
VT-10	1	0,09	0,11	0,19	40	544,0	2,18	OK
	2	0,00	0,01	0,01	40	270,0	1,08	OK
	3	0,12	0,14	0,26	40	524,0	2,10	OK
VT-11	1	0,00	0,01	0,01	40	260,0	1,04	OK
	2	0,00	0,00	0,00	40	171,5	0,69	OK
	3	0,03	0,04	0,08	40	440,5	1,76	OK
	4	0,00	0,00	0,00	40	65,0	0,26	OK
VT-12	1	0,08	0,10	0,17	40	234,0	0,94	OK
VT-13	1	0,05	0,06	0,10	40	234,0	0,94	OK
VT-14	1	0,00	0,01	0,01	40	262,5	1,05	OK
	2	0,00	0,00	0,00	40	171,5	0,69	OK
	3	0,02	0,03	0,05	40	440,5	1,76	OK
	4	0,01	0,01	0,01	40	65,0	0,26	OK
VT-15	1	0,00	0,01	0,01	40	270,0	1,08	OK
	2	0,00	0,00	0,00	40	171,5	0,69	OK
	3	0,03	0,03	0,06	40	440,5	1,76	OK
	4	0,00	0,01	0,01	40	65,0	0,26	OK
VT-16	1	0,12	0,14	0,25	40	270,0	1,08	OK
VT-17	1	0,05	0,07	0,12	40	255,0	1,02	OK
	2	0,05	0,07	0,12	40	358,0	1,43	OK
VT-18	1	0,00	0,00	0,01	40	268,0	1,07	OK
	2	0,00	0,00	0,00	40	172,5	0,69	OK
	3	0,03	0,04	0,07	40	440,5	1,76	OK
	4	0,00	0,00	0,01	40	440,5	1,76	OK
V-1	1	0,14	0,17	0,31	55	545,0	2,18	OK
V-2	1	0,13	0,18	0,31	55	545,0	2,18	OK
V-3	1	0,19	0,25	0,45	45	534,0	2,14	OK
	2	0,04	0,08	0,11	45	259,0	1,04	OK
	3	0,20	0,26	0,46	45	535,0	2,14	OK
V-4	1	0,19	0,25	0,44	45	520,0	2,08	OK
	2	0,03	0,07	0,09	45	271,5	1,09	OK
	3	0,36	0,45	0,82	45	545,0	2,18	OK
V-5	1	0,18	0,24	0,42	45	536,0	2,14	OK

	2	0,03	0,06	0,09	45	267,0	1,07	OK
	3	0,27	0,32	0,60	45	526,0	2,10	OK
V-6	1	0,26	0,33	0,59	45	544,0	2,18	OK
	2	0,02	0,06	0,08	45	269,0	1,08	OK
	3	0,22	0,27	0,49	45	526,0	2,10	OK
V-7	1	0,03	0,05	0,08	35	260,0	1,04	OK
	2	0,02	0,06	0,08	35	171,5	0,69	OK
	3	0,19	0,25	0,44	35	440,5	1,76	OK
	4	0,03	0,06	0,09	35	65,0	0,26	OK
V-8	1	0,03	0,07	0,10	35	262,5	1,05	OK
	2	0,03	0,07	0,10	35	171,5	0,69	OK
	3	0,21	0,27	0,47	35	440,5	1,76	OK
	4	0,04	0,07	0,10	35	64,0	0,26	OK
V-9	1	0,05	0,08	0,13	35	270,0	1,08	OK
	2	0,03	0,07	0,10	35	172,5	0,69	OK
	3	0,19	0,24	0,43	35	441,5	1,77	OK
	4	0,03	0,07	0,10	35	64,0	0,26	OK
V-10	1	0,28	0,35	0,63	30	270,0	1,08	OK
V-11	1	0,02	0,05	0,06	35	268,0	1,07	OK
	2	0,03	0,07	0,09	35	172,5	0,69	OK
	3	0,17	0,22	0,39	35	440,5	1,76	OK
	4	0,03	0,06	0,09	35	65,0	0,26	OK
V-12	1	0,03	0,07	0,09	40	268,0	1,07	OK
VC-1	1	0,17	0,17	0,44	55	545,0	2,18	OK
VC-2	1	0,18	0,18	0,44	55	545,0	2,18	OK
VC-3	1	0,19	0,25	0,50	45	534,0	2,14	OK
	2	0,08	0,08	0,26	45	259,0	1,04	OK
	3	0,19	0,26	0,50	45	535,0	2,14	OK
VC-4	1	0,15	0,25	0,42	45	520,0	2,08	OK
	2	0,06	0,07	0,22	45	271,5	1,09	OK
	3	0,21	0,45	0,55	45	545,0	2,18	OK
VC-5	1	0,13	0,24	0,37	45	536,0	2,14	OK
	2	0,06	0,06	0,22	45	267,0	1,07	OK
	3	0,24	0,32	0,59	45	526,0	2,10	OK
VC-6	1	0,14	0,33	0,37	45	544,0	2,18	OK
	2	0,05	0,06	0,19	45	269,0	1,08	OK
	3	0,09	0,27	0,27	45	526,0	2,10	OK
VC-7	1	0,01	0,05	0,12	35	260,0	1,04	OK
	2	0,04	0,06	0,18	35	171,5	0,69	OK
	3	0,11	0,25	0,32	35	440,5	1,76	OK
	4	0,07	0,06	0,23	35	65,0	0,26	OK
VC-8	1	0,05	0,07	0,19	35	262,5	1,05	OK
	2	0,05	0,07	0,20	35	171,5	0,69	OK
	3	0,16	0,27	0,44	35	440,5	1,76	OK
	4	0,08	0,07	0,26	35	64,0	0,26	Ajustar
VC-9	1	0,07	0,08	0,24	35	270,0	1,08	OK
	2	0,06	0,07	0,22	35	172,5	0,69	OK
	3	0,15	0,24	0,42	35	441,5	1,77	OK
	4	0,08	0,07	0,26	35	64,0	0,26	Ajustar
VC-10	1	0,25	0,35	0,62	30	270,0	1,08	OK
VC-11	1	0,03	0,05	0,14	35	268,0	1,07	OK

	2	0,04	0,07	0,16	35	172,5	0,69	OK
	3	0,09	0,22	0,28	35	440,5	1,76	OK
	4	0,08	0,06	0,24	35	65,0	0,26	OK
VC-12	1	0,05	0,07	0,20	40	268,0	1,07	OK
VFC1	1	0,11	0,18	0,29	50	545,0	2,18	OK
VFC2	1	0,09	0,16	0,25	50	545,0	2,18	OK
VFC3	1	0,05	0,16	0,21	50	534,0	2,14	OK
VFC4	1	0,02	0,12	0,14	50	259,0	1,04	OK
VPPlatibanda (Pior caso)	1	0,16	0,27	0,43	30	272,5	1,09	OK

Fonte: Autoria propria

Tabela 22 - Verificação final do ELS das vigas (apenas as ajustadas)

Flechas (ELS - DEF) - Ajustadas								
Viga	Vão	Imediatos	Diferidos	Total	h	L	f_{lim}	Situação ELS
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
VC-8	4	0,08	0,07	0,24	35	64,0	0,26	OK
VC-9	4	0,08	0,07	0,24	35	64,0	0,26	OK

Tabela 23 - Verificação ELU das lajes

VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DA LAJE QUANTO AO ELU - ESPESSURA OBTIDA APÓS ATENDIDO O ELS-DEF								
LAJE	h	d'	d	M_d	b	f_{cd}	d_{min}	situação ELU
	(m)	(m)	(m)	(tf.m)	(m)	(tf/m²)	(m)	
L-1	0,11	0,023	0,087	2,16	1	2142,86	0,063	OK
L-2	0,11	0,023	0,087	2,13	1	2142,86	0,063	OK
L-3	0,11	0,023	0,087	2,81	1	2142,86	0,072	OK
L-4	0,08	0,023	0,057	0,63	1	2142,86	0,034	OK
L-5	0,11	0,023	0,087	1,70	1	2142,86	0,056	OK
L-6	0,08	0,023	0,057	1,72	1	2142,86	0,057	OK
L-7	0,08	0,023	0,057	0,61	1	2142,86	0,034	OK
L-8	0,08	0,023	0,057	1,45	1	2142,86	0,052	OK
L-9	0,08	0,023	0,057	1,42	1	2142,86	0,051	OK
L-10	0,08	0,023	0,057	1,02	1	2142,86	0,044	OK
L-11	0,08	0,023	0,057	0,35	1	2142,86	0,026	OK
L-12	0,08	0,023	0,057	0,65	1	2142,86	0,035	OK
LC-1	0,10	0,023	0,077	0,66	1	2142,86	0,035	OK
LC-2	0,10	0,023	0,077	0,66	1	2142,86	0,035	OK
LC-3	0,11	0,023	0,087	1,66	1	2142,86	0,056	OK
LC-4	0,08	0,023	0,057	0,46	1	2142,86	0,029	OK
LC-5	0,11	0,023	0,087	1,76	1	2142,86	0,057	OK
LC-6	0,08	0,023	0,057	0,60	1	2142,86	0,033	OK
LC-7	0,08	0,023	0,057	0,66	1	2142,86	0,035	OK
LC-8	0,08	0,023	0,057	0,63	1	2142,86	0,034	OK
LC-9	0,08	0,023	0,057	0,56	1	2142,86	0,032	OK
LC-10	0,08	0,023	0,057	0,29	1	2142,86	0,023	OK
LC-11	0,08	0,023	0,057	0,22	1	2142,86	0,020	OK
LFC-1	0,10	0,023	0,077	1,50	1	2142,86	0,053	OK

Fonte: Autoria própria

Tabela 24 - Verificação ELU vigas

VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DA LAJE QUANTO AO ELU - ESPESSURA OBTIDA APÓS ATENDIDO O ELS-DEF									
VIGA	VÃO	h (m)	d' (m)	d (m)	M _d (tf.m)	b (m)	f _{cd} (tf/m ²)	d _{min} (m)	situação ELU
VT-1	1,00	0,40	0,024	0,376	3,30	0,23	2143	0,164	OK
VT-2	1,00	0,40	0,024	0,376	2,20	0,23	2143	0,134	OK
VT-3	1,00	0,40	0,024	0,376	2,70	0,23	2143	0,148	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	2,20	0,23	2143	0,134	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	3,00	0,23	2143	0,156	OK
VT-4	1,00	0,40	0,024	0,376	0,50	0,23	2143	0,064	OK
VT-5	1,00	0,40	0,024	0,376	0,45	0,23	2143	0,060	OK
VT-6	1,00	0,40	0,024	0,376	1,63	0,23	2143	0,115	OK
VT-7	1,00	0,40	0,024	0,376	2,00	0,23	2143	0,127	OK
VT-8	1,00	0,40	0,024	0,376	0,49	0,23	2143	0,063	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	3,35	0,23	2143	0,165	OK
VT-9	1,00	0,40	0,024	0,376	0,46	0,23	2143	0,061	OK
VT-10	1,00	0,40	0,024	0,376	2,95	0,23	2143	0,155	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	2,59	0,23	2143	0,145	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	2,70	0,23	2143	0,148	OK
VT-11	1,00	0,40	0,024	0,376	1,25	0,23	2143	0,101	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	0,60	0,23	2143	0,070	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	0,90	0,23	2143	0,085	OK
	4,00	0,40	0,024	0,376	2,92	0,23	2143	0,154	OK
VT-12	1,00	0,40	0,024	0,376	0,70	0,23	2143	0,075	OK
VT-13	1,00	0,40	0,024	0,376	0,70	0,23	2143	0,075	OK
VT-14	1,00	0,40	0,024	0,376	1,45	0,23	2143	0,108	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	1,15	0,23	2143	0,097	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	2,41	0,23	2143	0,140	OK
	4,00	0,40	0,024	0,376	2,38	0,23	2143	0,139	OK
VT-15	1,00	0,40	0,024	0,376	0,94	0,23	2143	0,087	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	0,98	0,23	2143	0,089	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	2,52	0,23	2143	0,143	OK
	4,00	0,40	0,024	0,376	2,41	0,23	2143	0,140	OK
VT-16	1,00	0,40	0,024	0,376	0,87	0,23	2143	0,084	OK
VT-17	1,00	0,40	0,024	0,376	2,30	0,23	2143	0,137	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	2,30	0,23	2143	0,137	OK
VT-18	1,00	0,40	0,024	0,376	0,79	0,23	2143	0,080	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	0,81	0,23	2143	0,081	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	2,31	0,23	2143	0,137	OK
	4,00	0,40	0,024	0,376	2,77	0,23	2143	0,150	OK
V-1	1,00	0,40	0,024	0,376	3,50	0,15	2143	0,209	OK
V-2	1,00	0,40	0,024	0,376	3,50	0,15	2143	0,209	OK
V-3	1,00	0,40	0,024	0,376	8,12	0,15	2143	0,318	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	10,50	0,15	2143	0,361	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	10,22	0,15	2143	0,357	OK
V-4	1,00	0,45	0,024	0,426	10,08	0,15	2143	0,354	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	10,22	0,15	2143	0,357	OK
	3,00	0,45	0,024	0,426	10,22	0,15	2143	0,357	OK
V-5	1,00	0,40	0,024	0,376	6,30	0,15	2143	0,280	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	12,32	0,15	2143	0,392	AJUSTAR
	3,00	0,40	0,024	0,376	10,08	0,15	2143	0,354	OK
V-6	1,00	0,40	0,024	0,376	4,90	0,15	2143	0,247	OK
	2,00	0,40	0,024	0,376	9,38	0,15	2143	0,342	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	8,12	0,15	2143	0,318	OK

V-7	1,00	0,35	0,024	0,326	5,60	0,15	2143	0,264	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	2,80	0,15	2143	0,187	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	4,34	0,15	2143	0,232	OK
	4,00	0,40	0,024	0,376	6,07	0,15	2143	0,275	OK
V-8	1,00	0,35	0,024	0,326	5,46	0,15	2143	0,261	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	5,46	0,15	2143	0,261	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	4,48	0,15	2143	0,236	OK
	4,00	0,40	0,024	0,376	6,02	0,15	2143	0,274	OK
V-9	1,00	0,35	0,024	0,326	3,64	0,15	2143	0,213	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	5,18	0,15	2143	0,254	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	7,00	0,15	2143	0,295	OK
	4,00	0,40	0,024	0,376	6,44	0,15	2143	0,283	OK
V-10	1,00	0,35	0,024	0,326	7,56	0,15	2143	0,307	OK
V-11	1,00	0,40	0,024	0,376	0,18	0,15	2143	0,048	OK
V-12	2,00	0,35	0,024	0,326	2,66	0,15	2143	0,182	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	4,62	0,15	2143	0,240	OK
	4,00	0,35	0,024	0,326	6,02	0,15	2143	0,274	OK
	1,00	0,40	0,024	0,376	6,44	0,15	2143	0,283	OK
VC-1	1,00	0,35	0,024	0,326	2,38	0,15	2143	0,172	OK
VC-2	1,00	0,35	0,024	0,326	2,38	0,15	2143	0,172	OK
VC-3	1,00	0,35	0,024	0,326	4,62	0,15	2143	0,240	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	5,04	0,15	2143	0,250	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	5,18	0,15	2143	0,254	OK
VC-4	1,00	0,35	0,024	0,326	5,04	0,15	2143	0,250	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	5,46	0,15	2143	0,261	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	5,46	0,15	2143	0,261	OK
VC-5	1,00	0,35	0,024	0,326	3,08	0,15	2143	0,196	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	6,86	0,15	2143	0,292	OK
	3,00	0,40	0,024	0,376	6,16	0,15	2143	0,277	OK
VC-6	1,00	0,35	0,024	0,326	3,92	0,15	2143	0,221	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	3,92	0,15	2143	0,221	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	3,50	0,15	2143	0,209	OK
VC-7	1,00	0,35	0,024	0,326	1,96	0,15	2143	0,156	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	1,25	0,15	2143	0,125	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	2,11	0,15	2143	0,162	OK
	4,00	0,35	0,024	0,326	3,12	0,15	2143	0,197	OK
VC-8	1,00	0,35	0,024	0,326	2,07	0,15	2143	0,161	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	2,18	0,15	2143	0,165	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	2,16	0,15	2143	0,164	OK
	4,00	0,35	0,024	0,326	3,68	0,15	2143	0,214	OK
VC-9	1,00	0,35	0,024	0,326	1,96	0,15	2143	0,156	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	1,40	0,15	2143	0,132	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	1,57	0,15	2143	0,140	OK
	4,00	0,35	0,024	0,326	3,07	0,15	2143	0,195	OK
VC-10	1,00	0,30	0,024	0,276	3,66	0,15	2143	0,214	OK
VC-11	1,00	0,35	0,024	0,326	1,40	0,15	2143	0,132	OK
	2,00	0,35	0,024	0,326	1,54	0,15	2143	0,138	OK
	3,00	0,35	0,024	0,326	3,08	0,15	2143	0,196	OK
	4,00	0,35	0,024	0,326	3,78	0,15	2143	0,217	OK
VC-12	1,00	0,35	0,024	0,326	0,92	0,15	2143	0,107	OK
VFC1	1,00	0,40	0,024	0,376	4,61	0,15	2143	0,239	OK
VFC2	1,00	0,40	0,024	0,376	4,76	0,15	2143	0,243	OK
VFC3	1,00	0,40	0,024	0,376	1,54	0,15	2143	0,138	OK
VFC4	1,00	0,40	0,024	0,376	1,58	0,15	2143	0,140	OK
VP-Platibanda (Pior caso)	1,00	0,30	0,024	0,276	2,10	0,15	2143	0,162	OK

Fonte: Autoria propria

Tabela 25- Verificação ELU vigas (ajustes)

VERIFICAÇÃO DA ESPESSURA DA LAJE QUANTO AO ELU - ESPESSURA OBTIDA APÓS ATENDIDO O ELS-DEF (Ajustes)									
VIGA	VÃO	h	d'	d	M _d	b	f _{cd}	d _{min}	situação ELU
		(m)	(m)	(m)	(tf.m)	(m)	(tf/m2)	(m)	
V-5	2,00	0,40	0,024	0,376	12,41	0,15	2143	0,393	AJUSTAR

Fonte: Autoria própria

Tabela 26 – Análise inicial do ELU dos pilares

Análise dos pilares do edifício - ELU - R00										
f _{ck} =	30	MPa	f _{cd} =	21,43	MPa	Tensão ideal de cálculo =	26,61	α (γ _n * γ _{corr})		
f _{sd} =	420	MPa	ρ =	0,02	%		Mpa	1,8	2,2	2,5
Pilar	b	h	N _k	γ _n	Classificação do Pilar	α	N _d	A _c	h	Análise ELU
	(mm)	(mm)	(KN)				(N)	(mm2)	(mm)	
P1	150	300	69,35	1,2	Borda	2,24	1864128	70042	467	AJUSTAR
P2	150	300	80,96	1,2	Interno	1,82	1591350	59793	399	AJUSTAR
P3	150	300	78,61	1,2	Interno	1,82	1716842	64508	430	AJUSTAR
P4	150	300	67,6	1,2	Borda	2,24	1817088	68275	455	AJUSTAR
P5	150	300	53,37	1,2	Borda	2,24	1434586	53903	359	AJUSTAR
P6	150	350	66,01	1,2	Interno	1,82	1441658	54169	361	AJUSTAR
P7	150	350	68,36	1,2	Interno	1,82	1492982	56097	374	AJUSTAR
P8	150	300	53,2	1,2	Borda	2,24	1430016	53731	358	AJUSTAR
P9	150	300	34,47	1,2	Borda	2,24	926554	34814	232	OK
P10	150	350	43,29	1,2	Interno	1,82	945454	35524	237	OK
P11	150	350	67,22	1,2	Interno	1,82	1468085	55162	368	AJUSTAR
P12	150	300	48,66	1,2	Borda	2,24	1307981	49146	328	AJUSTAR
P13	150	300	36,08	1,2	Canto	2,52	1091059	40995	273	OK
P14	150	300	50,08	1,2	Borda	2,24	1346150	50580	337	AJUSTAR
P15	150	300	53,71	1,2	Borda	2,24	1443725	54246	362	AJUSTAR
P16	150	300	39,21	1,2	Canto	2,52	1185710	44552	297	OK

Tabela 27 – Análise final do ELU dos pilares

Análise dos pilares do edifício - ELU - R01										
$f_{ck} =$	30	MPa	$f_{cd} =$	21,43	MPa	Tensão ideal de cálculo =	26,61	$\alpha (\gamma_n * \gamma_{corr})$		
$f_{sd} =$	420	MPa	$\rho =$	0,02	%		Mpa	1,8	2,2	2,5
Pilar	b	h	N_k	γ_n	Classificação do Pilar	α	N_d	A_c	h	Análise ELU
	(mm)	(mm)	(KN)				(N)	(mm ²)	(mm)	
P1	170	400	65,37	1,1	Borda	2,24	1610717	60521	356	OK
P2	150	400	73,79	1,2	Interno	1,82	1450416	54498	363	OK
P3	150	400	72,59	1,2	Interno	1,82	1585366	59568	397	OK
P4	170	400	65,83	1,1	Borda	2,24	1622051	60947	359	OK
P5	150	400	59,4	1,2	Borda	2,24	1596672	59993	400	OK
P6	150	400	64,96	1,2	Interno	1,82	1418726	53307	355	OK
P7	150	450	72,82	1,2	Interno	1,82	1590389	59757	398	OK
P8	150	450	58,6	1,2	Borda	2,24	1575168	59185	395	OK
P9	150	300	33,02	1,2	Borda	2,24	887578	33350	222	OK
P10	150	350	38,22	1,2	Interno	1,82	834725	31364	209	OK
P11	170	350	67,46	1,1	Interno	1,82	1350549	50745	299	OK
P12	170	350	47,51	1,1	Borda	2,24	1170646	43986	259	OK
P13	170	350	35,96	1,1	Canto	2,52	996811	37454	220	OK
P14	150	300	44,16	1,2	Borda	2,24	1187021	44601	297	OK
P15	170	350	53,17	1,1	Borda	2,24	1310109	49226	290	OK
P16	170	350	38,34	1,1	Canto	2,52	1062785	39933	235	OK

Fonte: Autoria própria

Tabela 28 - Resumo de materiais por elemento e por pavimento

Resumo de materiais por elemento e por pavimento					
Pavimento	Elemento	Peso do aço +10 % (kg)	Volume de concreto (m³)	Área de forma (m²)	Consumo de aço (kg/m³)
Tampa Caixa	Vigas	41,5	0,9	14,1	46,1
	Pilares	37,9	0,5	8,3	75,8
	Total	79,4	1,4	22,4	56,7
Fundo Caixa	Vigas	208,1	2,5	40,4	83,2
	Pilares	131,9	1,2	21,4	109,9
	Lajes	104,7	1,2	12,4	87,3
	Total	444,7	4,9	74,2	90,8
Cobertura	Vigas	442,2	5,3	71,9	83,4
	Pilares	394,2	2,7	49,0	146,0
	Lajes	466,3	10,0	106,1	46,6
	Escadas	65,6	1,4	9,4	46,9
	Total	1.368,3	19,4	236,4	70,5
3º Pavimento	Vigas	615,7	5,9	79,1	104,4
	Pilares	507,8	2,7	49,0	188,1
	Lajes	687,3	10,5	105,9	65,5
	Escadas	65,6	1,4	9,4	46,9
	Total	1.876,4	20,5	243,4	91,5
2º Pavimento	Vigas	671,5	5,9	79,1	113,8
	Pilares	693,1	2,7	49,0	256,7
	Lajes	687,3	10,5	105,9	65,5
	Escadas	67,2	1,4	9,4	48,0
	Total	2.119,1	20,5	243,4	103,4
1º Pavimento	Vigas	744,0	5,9	79,4	126,1
	Pilares	704,5	2,7	49,0	260,9
	Lajes	805,8	10,5	105,9	76,7
	Escadas	73,2	1,4	9,4	52,3
	Total	2.327,5	20,5	243,7	113,5
Térreo	Vigas	452,2	10,3	115,0	43,9
	Pilares	266,8	0,0	0,0	0,0
	Total	719,0	10,3	115,0	69,8

Fonte: Autoria própria

APÊNDICE C – PRANCHAS DO PROJETO ESTRUTURAL

OBSERVAÇÕES:

- A LOCAÇÃO DOS PILARES DEVERÁ SER REALIZADA POR PESSOAL COM CAPACIDADE TÉCNICA PARA TAL
- UTILIZAR COMO ELEMENTO AUXILIAR DE LOCAÇÃO O PROJETO DE IMPLANTAÇÃO DA ARQUITETURA
- AS CARGAS NOS PILARES SEGUEM A SEGUINTE CONVENÇÃO:



- CONCRETO FCK = 30 MPa
- COBRIMENTO DA ARMADURA:
PILARES E VIGAS = 2.5 cm
LAJES = 2.0 cm



Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	20/11/2022	
1	Ajustes dos pilares	12/12/2022	

Habituação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M.e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG
Drª Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953) C 30, E_h= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodrigo_01_Locação-RH1.cad

LOCAÇÃO

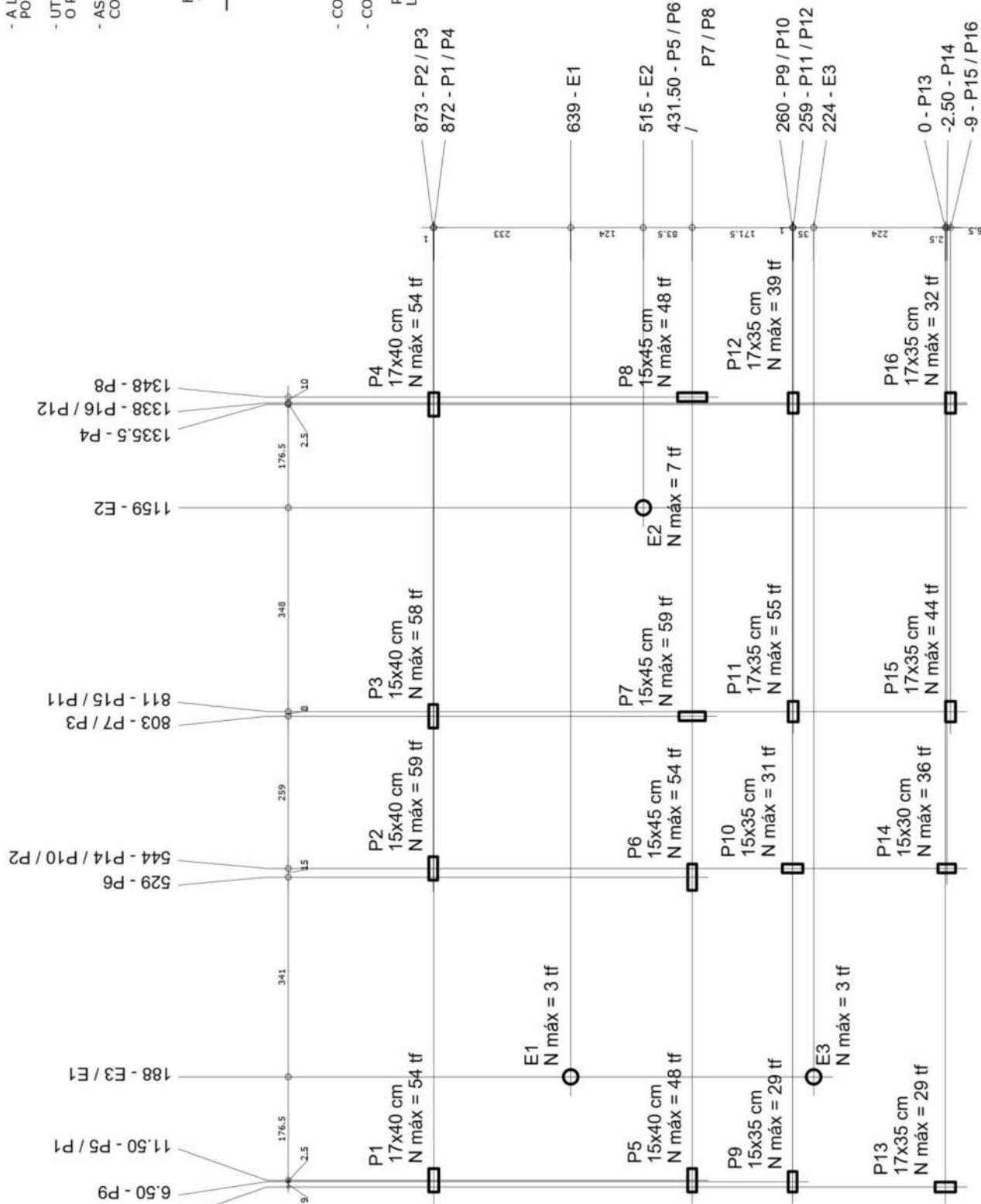
Conteúdo:
- Planta de locação e carga dos pilares

Folha nº:

1

41

Planta de locação e carga dos pilares
escala 1:100



Pilar

Nome	Seção (cm)	Carga Máx. (tf)	Carga Mín. (tf)	Mx Máximo (kgf.m)		My Máximo (kgf.m)		Fx Máximo (tf)		Fy Máximo (tf)	
				Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo
E1	-	3	2	100	0	0	0	0	0	1	0
E2	-	7	6	100	0	100	0	1	0	1	0
E3	-	3	2	100	0	0	0	0	0	1	0
P1	17x40	54	41	1400	-700	2500	-1200	0	-3	2	0
P2	15x40	59	43	700	-700	1600	-2000	3	0	1	0
P3	15x40	58	42	700	-600	2100	-1500	0	-2	2	0
P4	17x40	54	40	1100	-600	1000	-2900	2	0	2	0
P5	15x40	48	38	200	-800	2300	-1700	1	-2	0	-4
P6	15x45	54	38	300	-800	3100	-2800	3	0	0	-3
P7	15x45	59	40	5000	-7100	300	-1000	0	-2	0	-4
P8	15x50	48	31	5900	-8500	1200	0	1	0	0	-4
P9	15x35	28	23	600	-500	900	-2100	1	-1	3	0
P10	15x35	31	24	3100	-3200	600	0	1	0	3	-1
P11	17x35	55	39	700	-800	2500	-900	0	-2	4	-1
P12	17x35	39	24	600	-700	900	-2500	3	0	4	-3
P13	17x35	29	18	4000	-4100	1800	0	0	-2	2	-3
P14	15x30	36	23	1800	-2200	0	-700	5	0	2	-3
P15	17x35	44	30	600	-1000	2900	-600	0	-5	1	-2
P16	17x35	32	21	600	-1100	1000	-2500	3	0	1	-2

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

Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	20/11/2022	
1	- Correção das cargas	07/12/2022	

Habitação Multifamiliar



Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Oeste, Goiânia - GO

Autores:

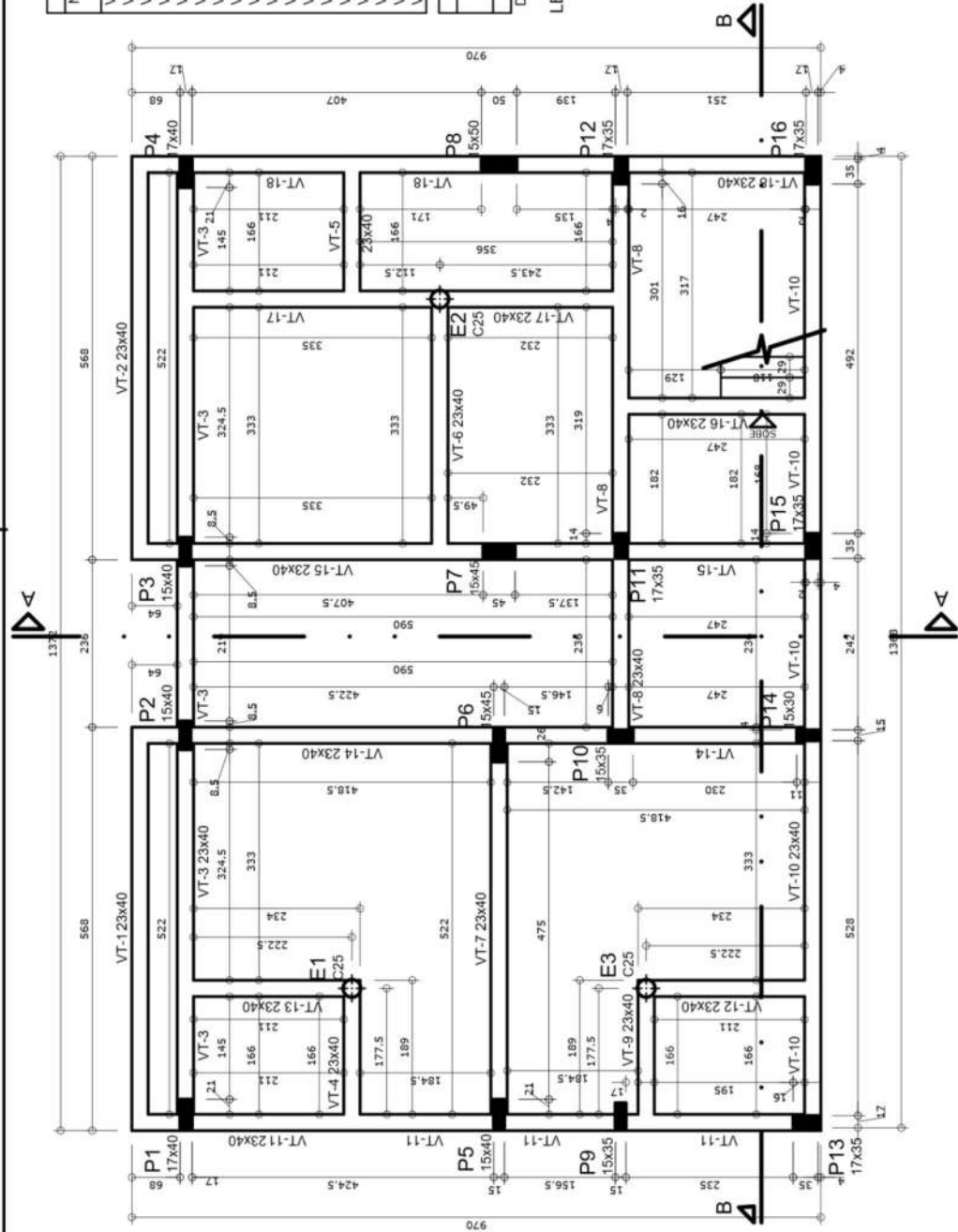
Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M.e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG
Dy¹ Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30. E1>= 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6. Slump= 14 ±2. AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodrigo_02_Locação_Cargas-R01 CAD

LOCAÇÃO

Conteúdo:	153
- Carga dos pilares	2
<>	41
<>	

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PREVEEM A SUA REPRODUÇÃO INDEFINIDA E A ALTERAÇÃO. LEI 9686 ART 25



Forma do pavimento Térreo (Nível 0)

escala 1:100

- OBSERVAÇÕES**
 - NÍVEIS NÃO MARCADOS, 0
 - CONSIDERADO ADEQUADO CONTROLE DE QUALIDADE E RÍGIDOS LIMITES DE TOLERÂNCIA DE VARIABILIDADE DAS MEDIDAS DURANTE A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO
 - COBRIMENTO DA ARMADURA: PILARES EM CONTATO COM O SOLO = 3 CM
 - NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS CAIXAS EMBUTIDAS NAS LAJES
 - APÓS A CONFIRMAÇÃO DA FORMA E FERRAGEM, ASSIM COMO DA LIMPEZA CRITERIOSA DA FORMA, VERIFICAR SE EXISTE SUJEIRA ACUMULADA NOS PILARES (SERRAGEM, TERRA, PAPEIS, FOLHAS, CIGARROS, ARAME, PLÁSTICO E ETC.), LIMPANDO BEM A FORMA DOS PILARES ANTES DA CONCRETAGEM
 - MOLHAR BEM AS FORMAS ANTES DA CONCRETAGEM
 - A CURA DO CONCRETO ACONTECE, COM MAIOR INTENSIDADE NOS PRIMEIROS SETE DIAS A PARTIR DO LANÇAMENTO. PORTANTO, MANTER A SUPERFÍCIE DO CONCRETO UMEDIDA E/OU PROTEGÊ-LA COM PELÍCULA IMPERMEÁVEL
 - VER DETALHE ESPECÍFICO DA ESCADA
 - A RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTOS DEVERÁ PRECEDER OS SEGUINTES PRAZOS:
 - FACES SUPERIORES: 14 DIAS
 - FACES INFERIORES: 14 DIAS, DEIXANDO AS PEÇAS ESCORADAS ATÉ 21 DIAS
- CONFERIR, NO PROJETO ARQUITETÔNICO, OS BURACOS NAS LAJES
 - NÃO SÃO PERMITIDAS ALTERAÇÕES NO PROJETO SEM PRÉVIA CONSULTA E AUTORIZAÇÃO FORMAL DOS AUTORES DO PROJETO
 - O TERRENO SOB AS VIGAS BALDRAMES DEVERÁ SER BEM COMPACTADO E A VIGA BALDRAME DEVERÁ SER EXECUTADA SOBRE UM LASTRO DE BRITA



Vigas		
Nome	Seção (cm)	Nível (cm)
VT-1	23x40	0
VT-2	23x40	0
VT-3	23x40	0
VT-4	23x40	0
VT-5	23x40	0
VT-6	23x40	0
VT-7	23x40	0
VT-8	23x40	0
VT-9	23x40	0
VT-10	23x40	0
VT-11	23x40	0
VT-12	23x40	0
VT-13	23x40	0
VT-14	23x40	0
VT-15	23x40	0
VT-16	23x40	0
VT-17	23x40	0
VT-18	23x40	0

Características dos materiais		
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	Abatimento (cm)
300	322061	14,00

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

LEGENDA:

PILAR QUE SEQUE

ESTACA Ø25cm

PROF. = 2,0m

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	20/11/2022	
1	Ajustes dos pilares	07/12/2022	

Habituação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 76, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E1>= 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC Rodrigo_03_Forma_1_térreo-001.cad

TERREO	
Conteúdo:	Folha nº:
- Forma do pavimento Térreo	3
<>	41

OS DIREITOS AUTORES DESTA PROPOSTA PERTENCEREM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ALTERADA. LEI 5696 ART. 25

OBSERVAÇÕES

- NÍVEIS NÃO MARCADOS: VER CORTE ESQUEMÁTICO
- CONSIDERADO ADEQUADO CONTROLE DE QUALIDADE E RIGIDOS LIMITES DE TOLERÂNCIA DE VARIABILIDADE DAS MEDIDAS DURANTE A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO
- COBRIMENTO DA ARMADURA: LAJES = 2 CM, VIGAS E PILARES = 2.5 CM
- NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS CAIXAS EMBUTIDAS NAS LAJES
- APÓS A CONFIRMAÇÃO DA FORMA E FERRAGEM, ASSIM COMO DA LIMPEZA CRITÉRIA DA FORMA, VERIFICAR SE EXISTE SUJEIRA ACUMULADA NOS PILARES (SERRAGEM, TERRA, PAPEIS, FOLHAS, CIGARROS, ARAME, PLÁSTICO E ETC.). LIMPAR BEM A FORMA DOS PILARES ANTES DA CONCRETAGEM
- MOLHAR BEM AS FORMAS ANTES DA CONCRETAGEM
- A CURA DO CONCRETO ACONTECE, COM MAIOR INTENSIDADE NOS PRIMEIROS SETE DIAS A PARTIR DO LANÇAMENTO. PORTANTO, MANTER A SUPERFÍCIE DO CONCRETO UMEDECIDA E/OU PROTEGÊ-LA COM PELÍCULA IMPERMEÁVEL
- VER DETALHE ESPECÍFICO DA ESCADA
- A RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTOS DEVERÁ OBEDECER OS SEGUINTES PRAZOS:
 - FACES LATERAIS: 3 DIAS
 - FACES INFERIORES: 14 DIAS, DEIXANDO AS PEÇAS ESCORADAS ATÉ 21 DIAS
- CONFERRIR, NO PROJETO ARQUITETÔNICO, OS BURACOS NAS LAJES
- NÃO SÃO PERMITIDAS ALTERAÇÕES NO PROJETO SEM PRÉVIA CONSULTA E AUTORIZAÇÃO FORMAL DOS AUTORES DO PROJETO

LEGENDA:

PILAR QUE SEQUE

LAJE MACIÇA

Área de lajes		
Tipo	Altura (cm)	Bloco de Enchimento (m³)
Maciça	8	38.81
Maciça	10	2.53
Maciça	11	66.76

Características dos materiais		
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	Abatimento (cm)
300	322061	14.00

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

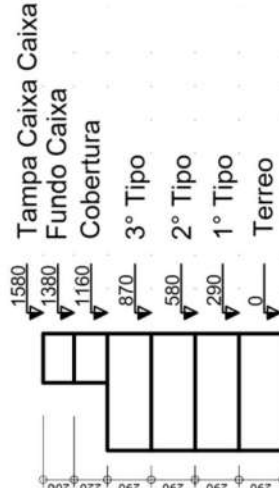
Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	20/11/2022	
1	Ajustes dos pilares	07/12/2022	

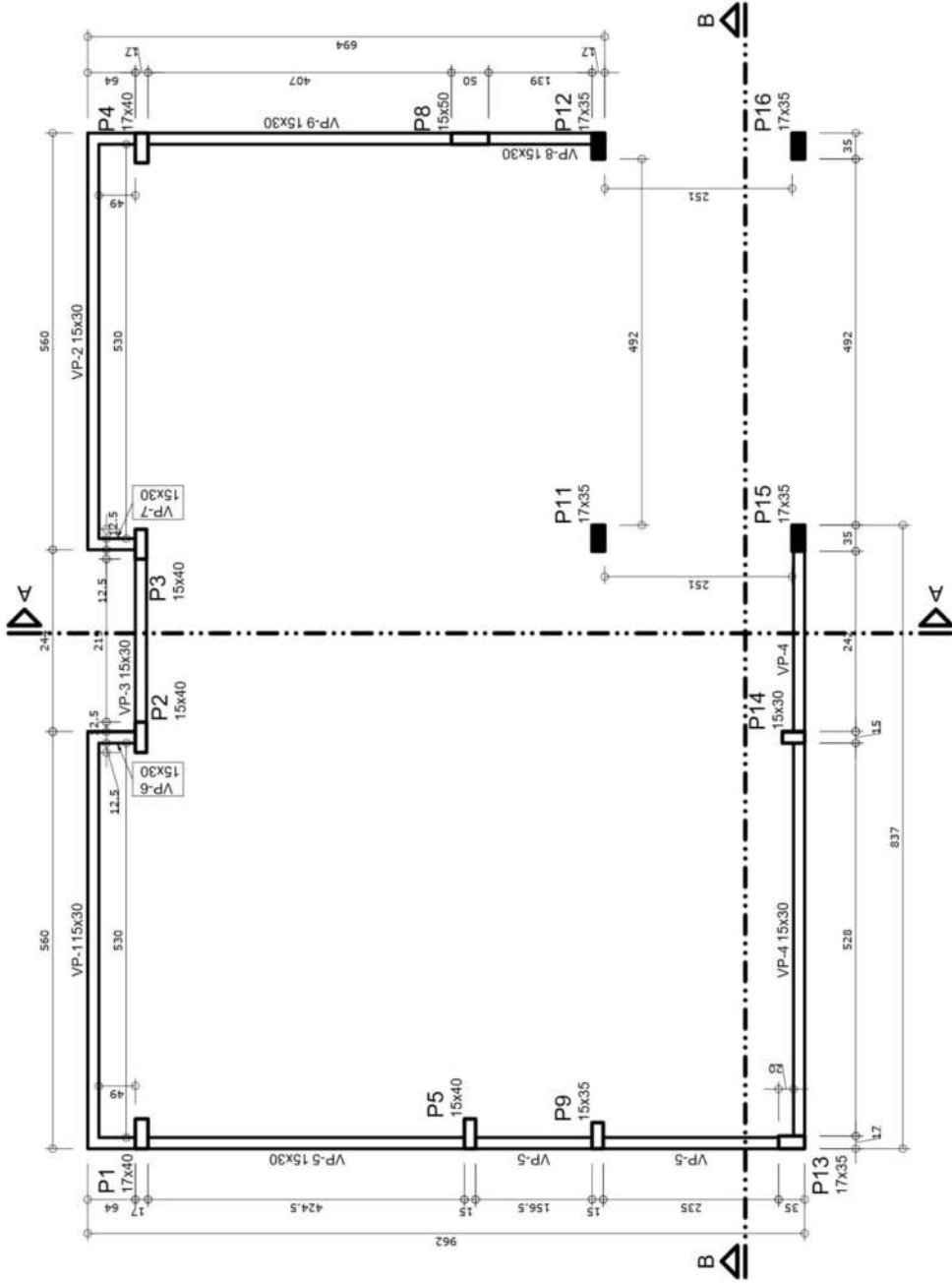
Forma do pavimento Tipo 1 ao 3 (Nível 290) escala 1:100

Vigas		Nível (cm)
Nome	Seção (cm)	Elevação (cm)
V-1	15x40	0
V-2	15x40	0
V-3	15x40	0
V-4	15x45	0
V-5	15x45	0
V-6	15x40	0
V-7	15x35	0
V-8	15x35	0
V-9	15x40	0
V-10	15x30	0
V-11	15x35	0
V-13	15x40	0

Lajes					Sobrecarga (kgf/m²)	
Dados		Peso próprio (kgf/m²)		Adicional		Localizada
Nome	Tipo	Altura (cm)	Elevação (cm)	Nível (cm)	Peso próprio (kgf/m²)	Adicional
L-1	Maciça	11	0	290	275	137
L-2	Maciça	11	0	290	275	137
L-3	Maciça	11	0	290	275	154
L-4	Maciça	8	0	290	200	154
L-5	Maciça	11	0	290	275	154
L-6	Maciça	11	0	290	275	154
L-7	Maciça	8	0	290	200	154
L-8	Maciça	11	0	290	275	154
L-9	Maciça	8	0	290	200	154
L-10	Maciça	8	0	290	200	154
L-11	Maciça	8	0	290	200	154
L-12	Maciça	11	0	290	275	137
LE-3	Maciça	10	0	290	513	165



Corte esquemático escala 1:500



Vigas		
Nome	Seção (cm)	Nível (cm)
VP-1	15x30	0 1290
VP-2	15x30	0 1290
VP-3	15x30	0 1290
VP-4	15x30	0 1290
VP-5	15x30	0 1290
VP-6	15x30	0 1290
VP-7	15x30	0 1290
VP-8	15x30	0 1290
VP-9	15x30	0 1290

Características dos materiais		
fck (kgf/cm²)	Ecs (kgf/cm²)	Abatimento (cm)
300	322061	14,00

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial		
1	Ajustes dos pilares	07/12/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:	Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço:	R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO
Instituto Federal	Goiás

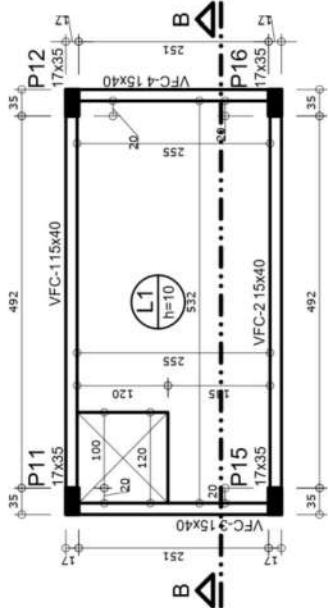
Autores:	Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil	M. e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG	Dr.ª Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG	

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E_l ≥ 30673 MPa
Fator A/C ≤ 0,6, Slump = < > ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodriggo_06_Forma_Platibanda-R01.cad

Conteúdo:	Forma da Platibanda
Folha nº:	6
	41

Forma da Platibanda (Nível 1290)
escala 1:100

Detalhes das vigas do pavimento Fundo do Reservatório



Forma do pavimento
Fundo do Reservatório (Nível 1380)
escala 1:100

Características dos materiais		
fck	Ecs	Abatimento
(kgf/cm²)	(kgf/cm²)	(cm)
300	322061	14,00

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

Vigas		
Nome	Seção	Elevação
	(cm)	(cm)
VFC-1	15x40	0
VFC-2	15x40	0
VFC-3	15x40	0
VFC-4	15x40	0

Área de lajes		
Tipo	Altura	Área
	(cm)	(m²)
Maciça	10	12,10

Lajes				
Dados		Sobrecarga (kgf/m²)		
Nome	Tipo	Altura	Nível	Peso próprio
		(cm)	(cm)	(kgf/m²)
L1	Maciça	10	0	1380

OBSERVAÇÕES

- NÍVEIS NÃO MARCADOS: 1380
- CONSIDERADO ADEQUADO CONTROLE DE QUALIDADE E RÍGIDOS LIMITES DE TOLERÂNCIA DE VARIABILIDADE DAS MEDIDAS DURANTE A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO
- COBRIMENTO DA ARMAÇÃO: LAJES = 2 CM VIGAS E PILARES = 2,5 CM
- NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS CAMAS EMBUTIDAS NAS LAJES
- APÓS A CONFERÊNCIA DA FORMA E FERRAGEM, ASSIM COMO DA LIMPEZA CRITERIOSA DA FORMA, VERIFICAR SE EXISTE SUJEIRA ACUMULADA NOS PILARES (SERRAGEM, TERRA, PAPEIS, FOLHAS, CIGARROS, ARAME, PLÁSTICO E ETC.). LIMPAR BEM A FORMA DOS PILARES ANTES DA CONCRETAGEM
- MOLHAR BEM AS FORMAS ANTES DA CONCRETAGEM
- A CURA DO CONCRETO ACONTECE, COM MAIOR INTENSIDADE NOS PRIMEIROS SETE DIAS A PARTIR DO LANÇAMENTO. PORTANTO, MANTER A SUPERFÍCIE DO CONCRETO UMEDIDA E/OU PROTEGIDA COM PELÍCULA IMPERMEÁVEL
- VER DETALHE ESPECÍFICO DA ESCADA
- A RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTOS DEVERÁ SER REALIZADA APÓS 3 DIAS
- FACES INFERIORES: 14 DIAS, DEIXANDO AS PEÇAS ESCORADAS ATÉ 21 DIAS
- CONFERIR, NO PROJETO ARQUITETÔNICO, OS BURACOS NAS LAJES
- NÃO SÃO PERMITIDAS ALTERAÇÕES NO PROJETO SEM PRÉVIA CONSULTA E AUTORIZAÇÃO FORMAL DOS AUTORES DO PROJETO

Relação do aço

2xVFC-1		2xVFC-3	
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT
CA60	1	5,0	4
CA50	2	5,0	72
	3	8,0	4
	4	8,0	4
	5	10,0	4
	6	12,5	8

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8,0	24,8	3	10,8
	10,0	22,3	3	15,1
	12,5	17,2	2	18,2
CA60	5,0	80,8	8	13,7
PESO TOTAL (kg)				
CA50				44,1
CA60				13,7

Volume de concreto (C-30) = 0,89 m³
Área de forma = 13,07 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	24/11/2022	
1	Ajustes no carimbo	07/12/2022	

Habitação Multifamiliar

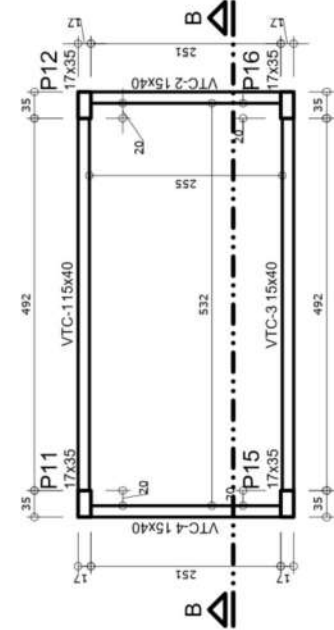
Instituição: Instituto Federal de Goiás - IFG Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO
INSTITUTO FEDERAL Goiás
Autores: Rodrigo Pereira Campos Filho Aluno - Engenharia Civil M.e Cláudio Marra Alves Orientador - IFG Drª Liana de Lucca Jardim Borges Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E1>= 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG, TCC Rodrigo, 07 - Forma, Vigas, Fundo Caixa-RTI cad

FUNDO DO RESERVATÓRIOS

Conteúdo: - Forma do pavimento Fundo do Reservatório - Detalhes das vigas do Fundo do Reservatório	Folha nº: 7	41
--	----------------	----

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCERÃO AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ALTERADA. LEI 5998 ART. 25



Forma do pavimento Tampa do Reservatório (Nível 1580) escala 1:100

Nome	Seção (cm)	Vigas		Nível (cm)
		Elevação	Abatimento	
VTC-1	15x40	0	1580	1580
VTC-2	15x40	0	1580	1580
VTC-3	15x40	0	1580	1580
VTC-4	15x40	0	1580	1580

Características dos materiais		
fck	Ecs	Abatimento
300	322061	14,00

Dimensão máxima do agregado = 19 mm

OBSERVAÇÕES

- NÍVEIS NÃO MARCADOS: 1580
- CONSIDERADO ADEQUADO CONTROLE DE QUALIDADE E RÍGIDOS LIMITES DE TOLERÂNCIA DE VARIABILIDADE DAS MEDIDAS DURANTE A EXECUÇÃO DA ESTRUTURA EM CONCRETO ARMADO
- COBRIMENTO DA ARMADURA: LAJES = 2 CM, VIGAS E PILARES = 2,5 CM
- NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS TAMPA DO RESERVATÓRIOS ENBUTIDAS NAS LAJES
- APÓS A CONFERÊNCIA DA FORMA E FERRAGEM, ASSIM COMO DA LIMPEZA CRITÉRIOS DA FORMA, VERIFICAR SE EXISTE SUEIRA ACUMULADA NOS PILARES (SERRAGEM, TERRA, PAPEIS, FOLHAS, CIGARROS, ARAME, PLÁSTICO E ETC.). LIMPAR BEM A FORMA DOS PILARES ANTES DA CONCRETAGEM
- MOLHAR BEM AS FORMAS ANTES DA CONCRETAGEM
- A CURA DO CONCRETO ACONTECE, COM MAIOR INTENSIDADE NOS PRIMEIROS SETE DIAS A PARTIR DO LANÇAMENTO. PORTANTO, MANTER A SUPERFÍCIE DO CONCRETO UMEDIDA E/OU PROTEGÊ-LA COM PELÍCULA IMPERMEÁVEL
- VER DETALHE ESPECÍFICO DA ESCADA
- A RETIRADA DAS FORMAS E ESCORAMENTOS DEVERÁ OBEDECER OS SEGUINTES PRAZOS:
 - FACE SUPERIORES: 14 DIAS
 - FACE INFERIORES: 14 DIAS, DEIXANDO AS PEÇAS ESCORADAS ATÉ 21 DIAS
- CONFERIR, NO PROJETO ARQUITETÔNICO, OS BURACOS NAS LAJES
- NÃO SÃO PERMITIDAS ALTERAÇÕES NO PROJETO SEM PRÉVIA CONSULTA E AUTORIZAÇÃO FORMAL DOS AUTORES DO PROJETO

Detalhes das vigas do pavimento Tampa do Reservatório

Relação do aço

VTC-1=VTC-3
ESC 1:100

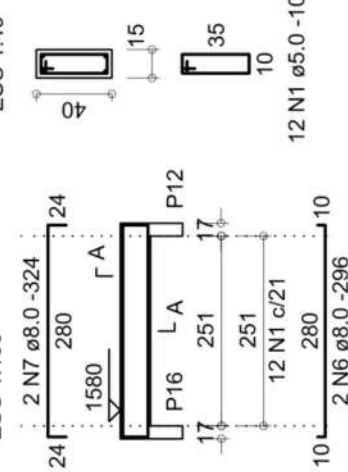
2xVTC-1		2xVTC-2		2xVTC-3	
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5,0	72	101	7272
CA50	4	8,0	4	557	2228
	5	8,0	4	601	2404
	6	8,0	4	296	1184
	7	8,0	4	324	1296

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8,0	71,2	7	30,9
CA60	5,0	72,8	7	12,3
PESO TOTAL (kg)				
CA50	30,9			
CA60	12,3			

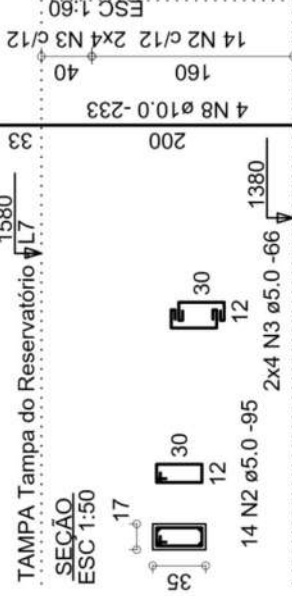
Volume de concreto (C-30) = 0,89 m³
Área de forma = 14,12 m²

VTC-2=VTC-4
ESC 1:100



Detalhes dos pilares do pavimento Tampa do Reservatório

P11=P12=P15=P16 (x4)



Relação do aço

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	2	5,0	56	95	5320
CA50	3	5,0	32	66	2112
CA50	8	10,0	16	233	3728

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10,0	37,3	4	25,3
CA60	5,0	74,4	7	12,6
PESO TOTAL (kg)				
CA50	25,3			
CA60	12,6			

Volume de concreto (C-30) = 0,48 m³
Área de forma = 8,32 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	20/11/2022	
1	Ajustes no carimbo	07/12/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 76, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

INSTITUTO
FEDERAL
Goiás

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dra Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E₁ = 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG, TCC Rodrigo, 08, Forma, Planos, Vigas, Tampa Caixa R01 cad

Tampa Caixa

Conteúdo:	Folha nº:
- Forma do pavimento Tampa do Reservatório	8
- Pilares do pavimento Tampa do Reservatório	41

OS DIREITOS AUTORES DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ALTERADA. LEI 5666 ART. 25

Relação do aço

P1
P5
P9

3xP2
P7
P10

P4
P8

ACO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	12	66	792
	2	5.0	3	27	81
	3	5.0	6	62	372
	4	5.0	28	67	1876
	5	5.0	23	25	575
	6	5.0	16	72	1152
	7	5.0	27	25	675
	8	5.0	6	57	342
	9	12.5	36	100	3600
CA50	10	12.5	2	83	166
	11	12.5	4	95	380
	12	12.5	20	120	2400
	13	16.0	24	110	2640
	14	16.0	10	140	1400
	15	16.0	22	107	2354
	16	16.0	8	105	840

Resumo do aço

ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	12.5	65.5	7	69.4
CA60	16.0	72.4	7	125.6
PESO TOTAL (kg)		58.7	6	9.9
CA50	195			
CA60	9.9			

P1

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N1 ø5.0 -66
3 N2 ø5.0 -27

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N4 ø5.0 -67
2x3 N5 ø5.0 -25

2x3 N1 c/15
8 N9 ø12.5 -100

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N1 c/15
8 N9 ø12.5 -100

2x3 N1 c/15
8 N9 ø12.5 -100

P5

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x5 N4 ø5.0 -67
5 N5 ø5.0 -25

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x5 N4 c/15
10 N14 ø16.0 -140

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x5 N6 c/15
20 N12 ø12.5 -120

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x5 N6 c/15
20 N12 ø12.5 -120

2x5 N6 c/15
20 N12 ø12.5 -120

P8

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N6 c/15
22 N9 ø12.5 -100

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N8 c/15
8 N16 ø16.0 -105

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N3 c/15
4 N17 ø12.5 -95

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N3 c/15
4 N17 ø12.5 -95

TÉRREO - L1
SEÇÃO
ESC 1:50

2x3 N3 c/15
4 N17 ø12.5 -95

2x3 N3 c/15
4 N17 ø12.5 -95

2x3 N6 ø5.0 -72
4x3 N7 ø5.0 -25

2x3 N6 ø5.0 -72
4x3 N7 ø5.0 -25

2x3 N8 ø5.0 -57

2x3 N8 ø5.0 -57

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N6 ø5.0 -72
4x3 N7 ø5.0 -25

2x3 N6 ø5.0 -72
4x3 N7 ø5.0 -25

2x3 N8 ø5.0 -57

2x3 N8 ø5.0 -57

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

2x3 N3 ø5.0 -62

Térreo

Folha n° 9

Folha 1/2

Folha 41

OS DIREITOS AUTORES DESTE PROJETO PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ATRAVES DE OUTROS MEIOS

Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial		

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 79, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO

INSTITUTO
FEDERAL
GOIÁS

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Auxilio - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dra Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30. E_h ≥ 30673 MPa
Fator A/C ≤ 0.6. Slump= 14 ±2. AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodrigo_09_Plares_Térreo-R00.cad

Térreo

Folha n° 9

Folha 1/2

Folha 41

OS DIREITOS AUTORES DESTE PROJETO PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ATRAVES DE OUTROS MEIOS

Relação do aço

	P11	P12	P13	P14	P15	P16
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)	
CA60	1	5.0	38	66	2508	
	2	5.0	3	27	81	
	3	5.0	8	57	456	
CA50	4	5.0	4	27	108	
	5	10.0	10	87	870	
	6	12.5	18	95	1710	
	7	12.5	10	130	1300	
	8	12.5	2	83	166	
	9	16.0	8	110	880	

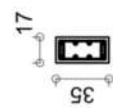
Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	8.7	1	5.9
	12.5	31.8	3	33.7
	16.0	8.8	1	15.3
CA60	5.0	31.6	3	5.3
PESO TOTAL (kg)				
CA50	54.8			
CA60	5.3			

P11

TÉRREO - L1

SEÇÃO ESC 1:50

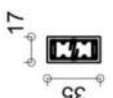


2x3 N1 ø5.0 -66
3 N2 ø5.0 -27

P12

TÉRREO - L1

SEÇÃO ESC 1:50

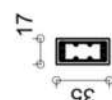


2x3 N1 ø5.0 -66
3 N2 ø5.0 -27

P13

TÉRREO - L1

SEÇÃO ESC 1:50

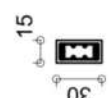


2x5 N1 ø5.0 -66

P14

TÉRREO - L1

SEÇÃO ESC 1:50

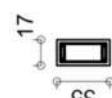


2x4 N3 ø5.0 -57

P15

TÉRREO - L1

SEÇÃO ESC 1:50

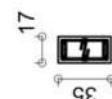


2x4 N1 ø5.0 -66

P16

TÉRREO - L1

SEÇÃO ESC 1:50



2x4 N1 ø5.0 -66
4 N4 ø5.0 -27

P16

TÉRREO - L1

SEÇÃO ESC 1:50



2x4 N1 ø5.0 -66
4 N4 ø5.0 -27

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão Inicial	27/11/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:	Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço:	R. 75, 46 - Centro Oeste, Goiânia - GO
	INSTITUTO FEDERAL GOIÁS

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M.e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG
D ^{re} Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E_h = 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump = 14 ±2, AÇO CASO e CA60
IFG, TCC Rodrigo, 10, Pianos, Térreo-R00 CAD

TÉRREO

Conteúdo:	- Detalhes dos Pilares do pav. Térreo
- Folha 2/2	
- Folha 2/2	
Folha nº:	10
	41

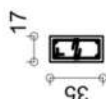
OS DIREITOS AUTORAIS DESTES PROJETOS PERTENCEREM AOS ENGENHEIROS ASSINANTES E PROTEGIDA A SUA IDENTIFICAÇÃO E A QUALIDADE DO TRABALHO. LEI 9620 ART 25

100 mm

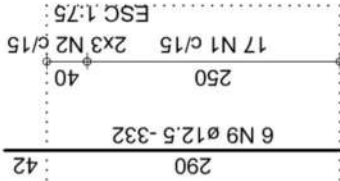
P1

1° PAVIMENTO - L2

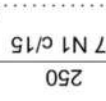
SEÇÃO
ESC 1:50



17 N1 ϕ 5.0 - 96 2x3 N2 ϕ 5.0 - 66
17 N3 ϕ 5.0 - 27
3 N3 ϕ 5.0 - 27



SEÇÃO
ESC 1:50

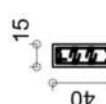


17 N1 ϕ 5.0 - 96 2x3 N2 ϕ 5.0 - 66
17 N3 ϕ 5.0 - 27
3 N3 ϕ 5.0 - 27

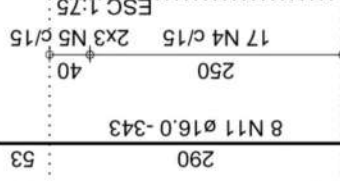
P2=P3

1° PAVIMENTO - L2

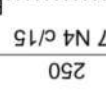
SEÇÃO
ESC 1:50



17 N4 ϕ 5.0 - 102 2x3 N5 ϕ 5.0 - 67
2x17 N6 ϕ 5.0 - 25
2x3 N6 ϕ 5.0 - 25



SEÇÃO
ESC 1:75

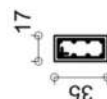


17 N4 ϕ 5.0 - 102 2x3 N5 ϕ 5.0 - 67
2x17 N6 ϕ 5.0 - 25
2x3 N6 ϕ 5.0 - 25

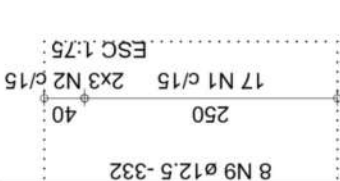
P4

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50



17 N1 ϕ 5.0 - 96 2x3 N2 ϕ 5.0 - 66
17 N3 ϕ 5.0 - 27
3 N3 ϕ 5.0 - 27



SEÇÃO
ESC 1:50

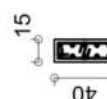


17 N1 ϕ 5.0 - 96 2x3 N2 ϕ 5.0 - 66
17 N3 ϕ 5.0 - 27
3 N3 ϕ 5.0 - 27

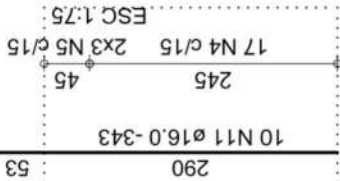
P5

1° PAVIMENTO - L2

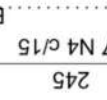
SEÇÃO
ESC 1:50



17 N4 ϕ 5.0 - 102 2x3 N5 ϕ 5.0 - 67
17 N6 ϕ 5.0 - 25
3 N6 ϕ 5.0 - 25



SEÇÃO
ESC 1:75

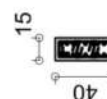


17 N4 ϕ 5.0 - 102 2x3 N5 ϕ 5.0 - 67
17 N6 ϕ 5.0 - 25
3 N6 ϕ 5.0 - 25

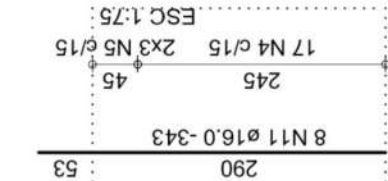
P6

1° PAVIMENTO - L2

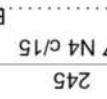
SEÇÃO
ESC 1:50



17 N4 ϕ 5.0 - 102 2x3 N5 ϕ 5.0 - 67
2x17 N6 ϕ 5.0 - 25
2x3 N6 ϕ 5.0 - 25



SEÇÃO
ESC 1:50

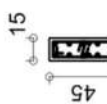


17 N4 ϕ 5.0 - 102 2x3 N5 ϕ 5.0 - 67
2x17 N6 ϕ 5.0 - 25
2x3 N6 ϕ 5.0 - 25

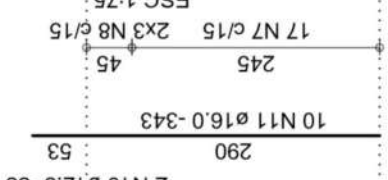
P7

1° PAVIMENTO - L2

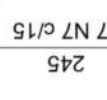
SEÇÃO
ESC 1:50



17 N7 ϕ 5.0 - 112 2x3 N8 ϕ 5.0 - 72
17 N6 ϕ 5.0 - 25
3 N6 ϕ 5.0 - 25



SEÇÃO
ESC 1:75



17 N7 ϕ 5.0 - 112 2x3 N8 ϕ 5.0 - 72
17 N6 ϕ 5.0 - 25
3 N6 ϕ 5.0 - 25

Relação do aço

P1 2xP2 P4
P5 P6 P7

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	34	96	3264
	2	5.0	12	66	792
	3	5.0	20	27	540
	4	5.0	68	102	6936
	5	5.0	24	67	1608
	6	5.0	160	25	4000
	7	5.0	17	112	1904
	8	5.0	6	72	432
CA50	9	12.5	14	332	4648
	10	12.5	12	83	996
	11	16.0	44	343	15092

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	12.5	56.5	6	59.8
CA50	16.0	151	14	262
CA60	5.0	194.8	18	33
PESO TOTAL (kg)				
CA50				321.8
CA60				33

Volume de concreto (C-30) = 1.24 m³
Área de forma = 22.27 m²

Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:	Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço:	R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO
INSTITUTO FEDERAL Goiás	

Autores:	
Rodrigo Pereira Campos Filho	
Aluno - Engenharia Civil	
M.e Cláudio Marra Alves	
Orientador - IFG	
Drª Liana de Lucca Jardim Borges	
Co-Orientadora - IFG	

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E₁₀ = 30873 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG, TOC, Rod. 11, Páveo, 1° Tipo R00 cat

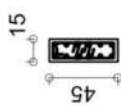
1° Pavimento	
Conteúdo:	Folha n°:
- Detalhes dos Pilares do Pav. 1° Tipo	11
- Folha 1/3	41
- Folha 1/3	

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCERÃO AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ATRIBUIÇÃO

P8

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50

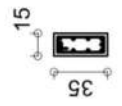


17 N8 5.0 - 11 N12 2x3 N9 5.0 - 2x N17 N10 5.0 - 25
2x3 N10 5.0 - 25

P10

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50

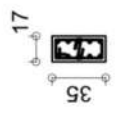


17 N1 5.0 - 2x N2 2x3 N2 5.0 - 62

P12

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50

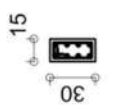


17 N3 5.0 - 2x N4 2x3 N4 5.0 - 66
17 N5 5.0 - 27
3 N5 5.0 - 27

P9

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50

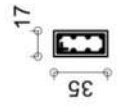


17 N6 5.0 - 2x N7 2x3 N7 5.0 - 57

P11

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50

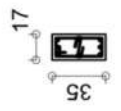


15 N3 5.0 - 2x N4 2x3 N4 5.0 - 66

P13

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50



17 N3 5.0 - 2x N4 2x3 N4 5.0 - 66
17 N5 5.0 - 27
3 N5 5.0 - 27

Relação do aço

P8 P9 P10 P11 P12 P13

ACO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	17	92	1564
	2	5.0	6	62	372
	3	5.0	49	96	4704
	4	5.0	18	66	1188
	5	5.0	40	27	1080
	6	5.0	17	82	1394
CA50	7	5.0	6	57	342
	8	5.0	17	112	1904
	9	5.0	6	72	432
	10	5.0	40	25	1000
	11	10.0	4	67	268
	12	12.5	24	332	7968
	13	16.0	28	343	9604

Resumo do aço

ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT (Barra)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	2.7	1	1.8
CA50	12.5	79.7	8	84.4
CA60	16.0	96.1	9	166.7
CA60	5.0	139.8	13	23.7
PESO TOTAL (kg)				
CA50	253			
CA60	23.7			

Volume de concreto (C-30) = 1 m³
Área de forma = 18.04 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição: Instituto Federal de Goiás - IFG Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO
INSTITUTO FEDERAL Goiás
Autores: Rodrigo Pereira Campos Filho Aluno - Engenharia Civil M.e Cláudio Marra Alves Orientador - IFG Drª Liana de Lucca Jardim Borges Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E1 >= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG, TCC Rodrigo, 12, Planos, 1º Tipo R001 CAD

1º TIPO

Conteúdo: - Detalhes dos pilares do Pav. 1º Tipo	Folha nº: 12
- Folha 2/3	41
- Folha 2/3	

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCERÃO AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ALTERADA. LEI 5998 ART. 25

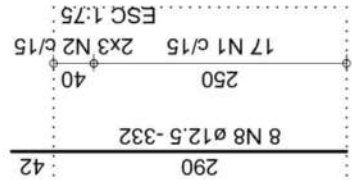
P14

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50



17 N1 ø5.0 -82x3 N2 ø5.0 -57
17 N3 ø5.0 -25
3 N3 ø5.0 -25



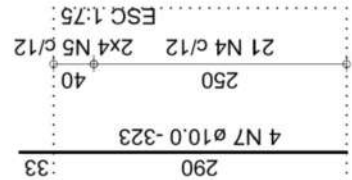
P15

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50



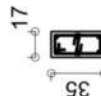
17 N1 ø5.0 -82x3 N2 ø5.0 -57
17 N3 ø5.0 -25
3 N3 ø5.0 -25



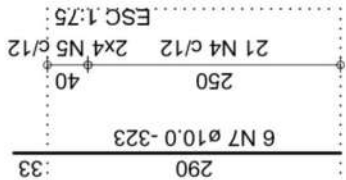
P16

1° PAVIMENTO - L2

SEÇÃO
ESC 1:50



17 N1 ø5.0 -82x3 N2 ø5.0 -57
17 N3 ø5.0 -25
3 N3 ø5.0 -25



Relação do aço

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	17	82	1394
	2	5.0	6	57	342
	3	5.0	20	25	500
	4	5.0	42	96	4032
	5	5.0	16	66	1056
	6	5.0	25	27	675
CA50	7	10.0	10	323	3230
	8	12.5	8	332	2656

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	32.3	3	21.9
CA60	12.5	26.6	3	28.1
PESO TOTAL (kg)	5.0	80	8	13.6
CA50	50.1			
CA60	13.6			

Volume de concreto (C-30) = 0.48 m³
Área de forma = 8.64 m²

Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M. e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dr. Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, EI >= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump = 14 ± 2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodrigo_13_Plares_1º Tipo-600 CAD

1º Tipo

Conteúdo:	Folha nº:
- Detalhes dos pilares do Pav. 1º Tipo	13
- Folha 3/3	41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU NÃO, SEM A AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO DO AUTOR.

Relação do aço

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	21	92	1932
	2	5.0	8	62	496
	3	5.0	49	96	4704
	4	5.0	18	66	1188
	5	5.0	40	27	1080
	6	5.0	17	112	1904
	7	5.0	6	72	432
	8	5.0	40	25	1000
	9	5.0	17	82	1394
	10	5.0	6	57	342
CA50	11	10.0	10	323	3230
	12	12.5	16	332	5312
	13	16.0	28	343	9604

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	32.3	3	21.9
	12.5	53.2	5	56.3
	16.0	96.1	9	166.7
CA60	5.0	144.8	14	24.5
PESO TOTAL (kg)				
CA50	244.9			
CA60	24.5			

Volume de concreto (C-30) = 1 m³
Área de forma = 18.04 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habitação Multifamiliar

	Instituição: Instituto Federal de Goiás - IFG Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO
	INSTITUTO FEDERAL Goiás
Autores: Rodrigo Pereira Campos Filho Aluno - Engenharia Civil M.e Cláudio Marra Alves Orientador - IFG	
Drª Liana de Lucca Jardim Borges Co-Orientadora - IFG	

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C30, E_h ≥ 30673 MPa
Fator A/C ≤ 0.6, Slump = 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG - TCC Rolagem - 15, Pilares 2º Tipo R00 CAD

2º TIPO

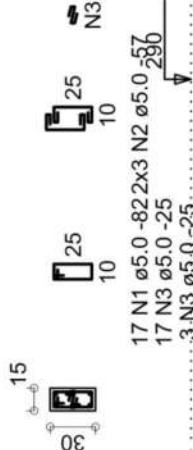
Conteúdo: - Detalhes dos pilares do Pav. 2º Tipo - Folha 2/3 - Folha 2/3	Folha nº: 15 41
---	------------------------------

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCERÃO AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO OU MODIFICAÇÃO SEM A AUTORIZAÇÃO DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS

P14

2° PAVIMENTO - L3

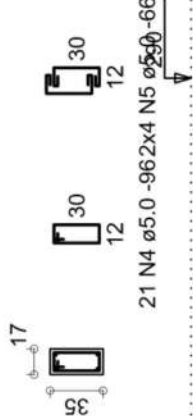
SEÇÃO
ESC 1:50



P15

2° PAVIMENTO - L3

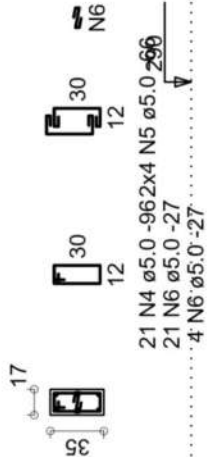
SEÇÃO
ESC 1:50



P16

2° PAVIMENTO - L3

SEÇÃO
ESC 1:50



Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E1 >= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC-Rodrigo_16_Pilares_2º Tipo-100 CAD

2° Tipo

Conteúdo:

- Detalhe dos pilares do Pav. 2º Tipo

- Folha 3/3

- Folha 3/3

16

Folha nº:

16

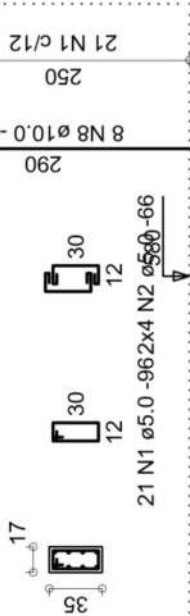
41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ALTERADA. Lei 9.696 ART 2º

P1

3° PAVIMENTO - L4

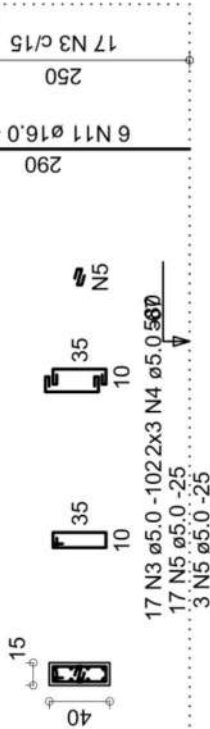
SEÇÃO
ESC 1:50



P2

3° PAVIMENTO - L4

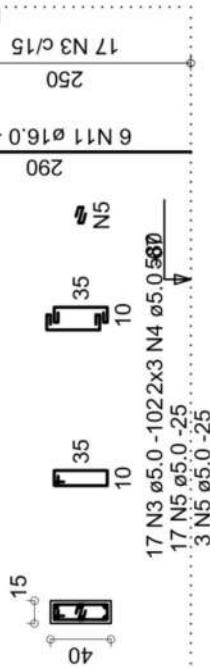
SEÇÃO
ESC 1:50



P3

3° PAVIMENTO - L4

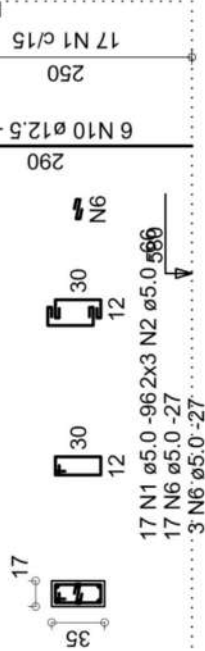
SEÇÃO
ESC 1:50



P4=P11=P12=P13 (x4)

3° PAVIMENTO - L4

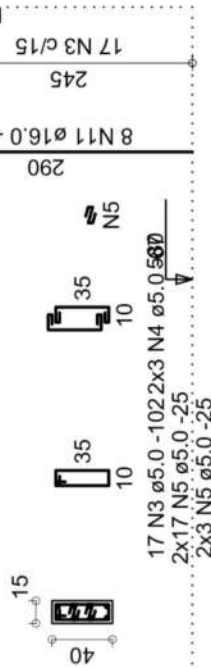
SEÇÃO
ESC 1:50



P5

3° PAVIMENTO - L4

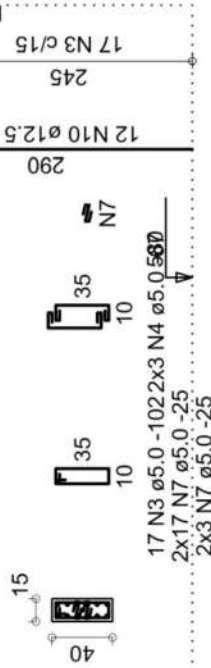
SEÇÃO
ESC 1:50



P6

3° PAVIMENTO - L4

SEÇÃO
ESC 1:50



Relação do aço

P1
4xP4

P2
P5

P3
P6

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	89	96	8544
	2	5.0	32	66	2112
	3	5.0	68	102	6936
	4	5.0	24	67	1608
	5	5.0	80	25	2000
	6	5.0	80	27	2160
CA50	7	5.0	40	25	1000
	8	10.0	8	323	2584
	9	10.0	4	67	268
	10	12.5	36	332	11952
	11	16.0	20	343	6960

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	28.6	3	19.3
	12.5	119.6	11	126.7
	16.0	68.6	7	119.1
CA60	5.0	243.6	23	41.3
PESO TOTAL (kg)				
CA50	265.1			
CA60	41.3			

Volume de concreto (C-30) = 1,56 m³
Área de forma = 27,84 m²

Atualizações de Projeto

N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão Inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR953): C 30, EI >= 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodrigo_17_Plano3_3°_Tipo-600.cad

3° TIPO

Conteúdo:

- Detalhes dos pilares do Pav. 3° Tipo

- Folha 1/2

- Folha 1/2

Folha nº:

17

41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ALTERADA. Lei 9608 ART. 25

Relação do aço

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	21	92	1932
	2	5.0	8	62	496
	3	5.0	25	25	625
	4	5.0	38	82	3116
	5	5.0	14	57	798
	6	5.0	42	96	4032
	7	5.0	16	66	1056
	8	5.0	34	112	3808
	9	5.0	12	72	864
	10	5.0	20	25	500
	11	5.0	20	25	500
	12	10.0	24	323	7752
	13	12.5	18	332	5976
	14	16.0	10	343	3430

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C. TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	77.6	8	52.6
CA50	12.5	59.8	6	63.3
CA60	16.0	34.3	4	59.6
CA60	5.0	177.3	17	30.1
PESO TOTAL (kg)				
CA50				175.5
CA60				30.1

Volume de concreto (C-30) = 1,15 m³
Área de forma = 21,11 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E₁₀ = 30873 MPa
Fator A/C ≤ 0,6, Slump = 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG, TOC, Rodrigo, 18, Paves, 3º, Tipo R00 CAD

3º TIPO

Conteúdo:

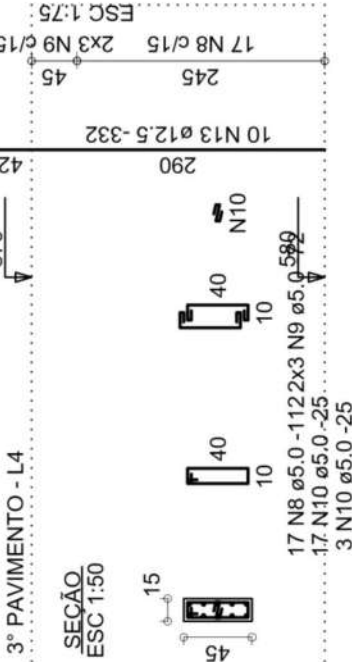
- Detalhes dos Pilares do Pav. 3º Tipo

- Folha 2/2

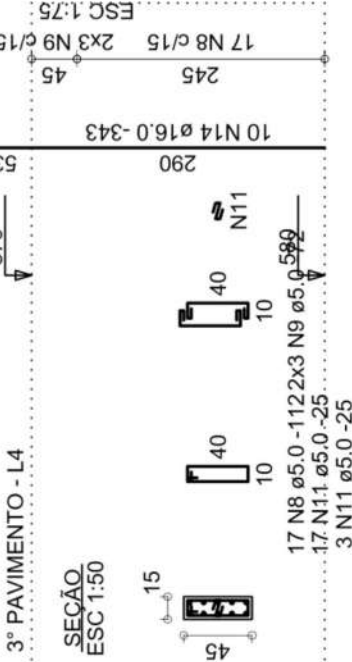
- Folha 2/2

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCERÃO AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ATRIBUIÇÃO

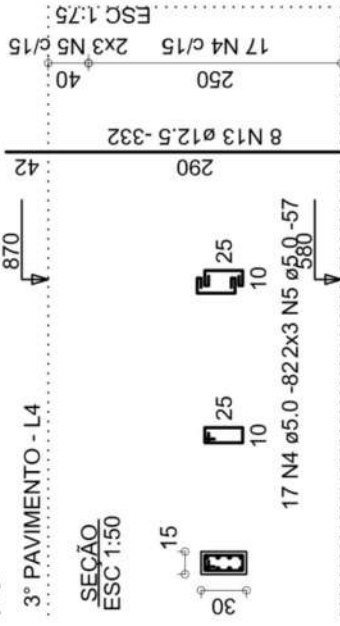
P7



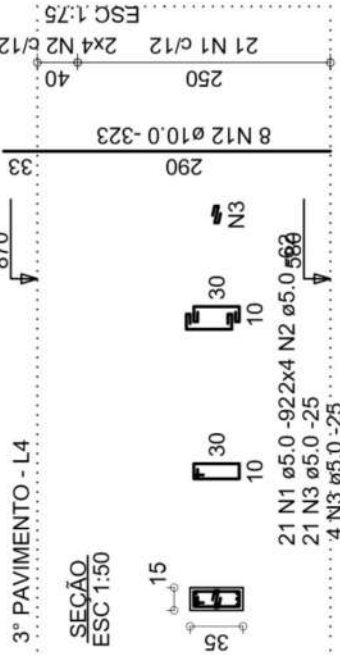
P8



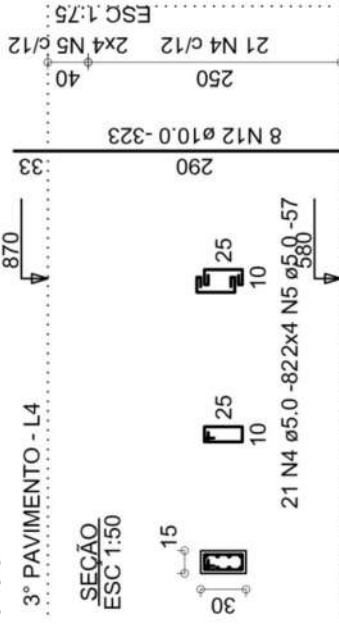
P9



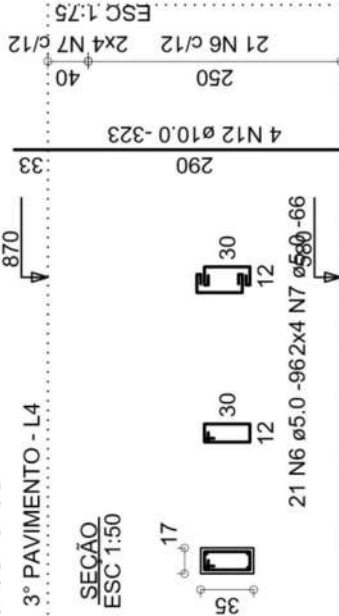
P10



P14



P15=P16

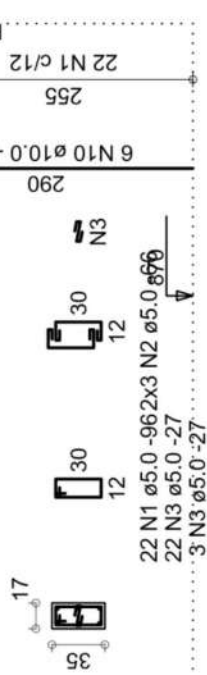


100 mm

P1=P4

COBERTURA - L5

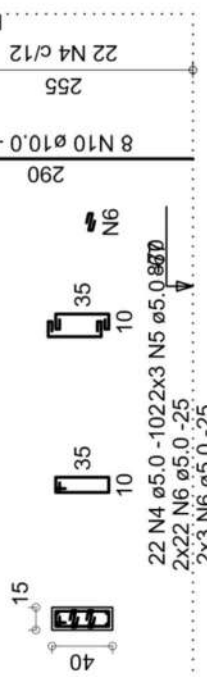
SEÇÃO
ESC 1:50



P2

COBERTURA - L5

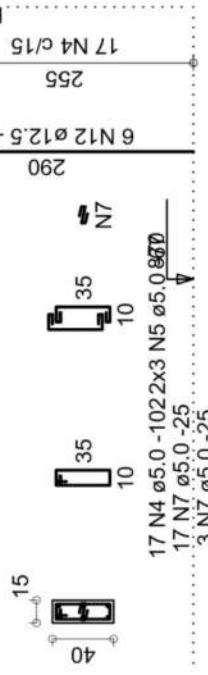
SEÇÃO
ESC 1:50



P3

COBERTURA - L5

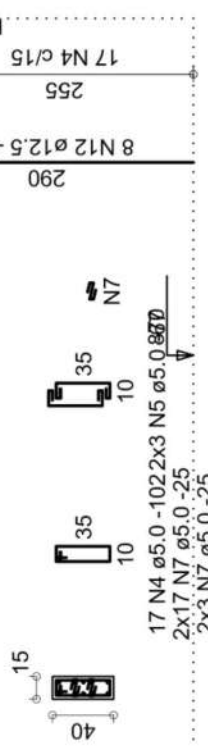
SEÇÃO
ESC 1:50



P5

COBERTURA - L5

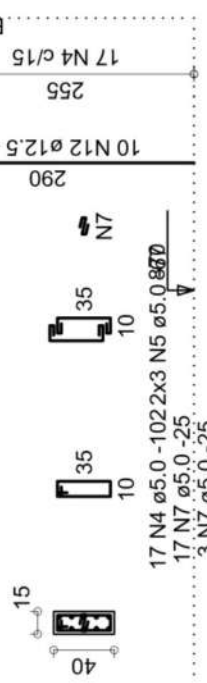
SEÇÃO
ESC 1:50



P6

COBERTURA - L5

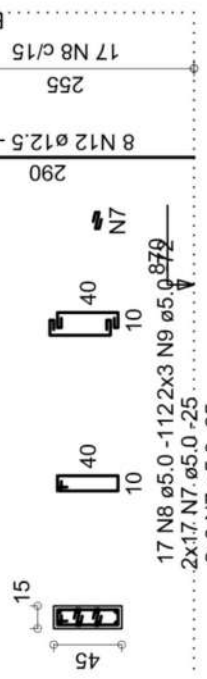
SEÇÃO
ESC 1:50



P7

COBERTURA - L5

SEÇÃO
ESC 1:50



Relação do aço

2xP1 P5	P2 P6	P3 P7			
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	44	96	4224
	2	5.0	12	66	792
	3	5.0	50	27	1350
	4	5.0	73	102	7446
	5	5.0	24	67	1608
	6	5.0	50	25	1250
CA50	7	5.0	120	25	3000
	8	5.0	17	112	1904
	9	5.0	6	72	432
	10	10.0	20	323	6460
	11	10.0	2	67	134
	12	12.5	32	332	10624

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	66	7	44.7
CA60	12.5	106.3	10	112.6
CA60	5.0	220.1	21	37.3
PESO TOTAL (kg)				
CA50	157.3			
CA60	37.3			

Volume de concreto (C-30) = 1.24 m³
Área de forma = 22.27 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habituação Multifamiliar

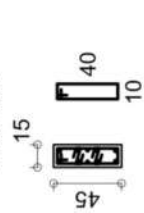
 Instituição: Instituto Federal de Goiás - IFG Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO	INSTITUTO FEDERAL Goiás	Autores: Rodrigo Pereira Campos Filho Aluno - Engenharia Civil M.e Cláudio Marra Alves Orientador - IFG Dr ^a Liana de Lucca Jardim Borges Co-Orientadora - IFG		
		ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS: CONCRETO CLASSE (NBR8953): C-30, E _l ≥ 30673 MPa Fator A/C ≤ 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60 IFG, TCC Rodrigo, 19, Pav. 01, Cobertura R00 and		
		COBERTURA		
		Conteúdo: - Detalhes dos pilares do Pav. Cobertura - Folha 1/2 - Folha 1/2		
		169		Folha nº: 19 41

OS DADOS E OS DADOS DESTE PROJETO PERTENCEM AOS EMPREENSORES. ACOMPANHAR O PROJETO COM A PROPOSTA DE MODIFICAÇÃO E/OU APROVAÇÃO. LEI 5960 ART. 25

P8

COBERTURA - L5

SEÇÃO
ESC 1:50



P9

COBERTURA - L5

SEÇÃO
ESC 1:50



P10

COBERTURA - L5

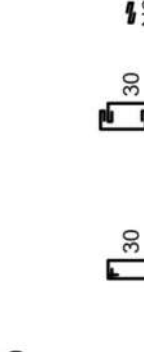
SEÇÃO
ESC 1:50



P11=P12

COBERTURA - L5

SEÇÃO
ESC 1:50



P13

COBERTURA - L5

SEÇÃO
ESC 1:50



P14

COBERTURA - L5

SEÇÃO
ESC 1:50



P15=P16

COBERTURA - L5

SEÇÃO
ESC 1:50



Relação do aço

P8
2xP11
2xP15

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	22	92	2024
	2	5.0	6	62	372
	3	5.0	50	25	1250
	4	5.0	103	96	9888
	5	5.0	34	66	2244
	6	5.0	50	27	1350
	7	5.0	20	27	540
	8	5.0	44	82	3608
	9	5.0	12	57	684
	10	5.0	17	112	1904
	11	5.0	6	72	432
	12	5.0	40	25	1000
	13	10.0	40	323	12920
	14	10.0	2	67	134
	15	12.5	6	332	1992
	16	16.0	8	343	2744

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	130.6	12	88.5
	12.5	20	2	21.1
	16.0	27.5	3	47.6
CA60	5.0	253	24	42.9
PESO TOTAL (kg)				
CA50	157.3			
CA60	42.9			

Volume de concreto (C-30) = 1.47 m³
Área de forma = 26.68 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO

INSTITUTO
FEDERAL
GOIÁS

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, Efp= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodrigo_20_Planos_Cobertura_R00.cad

COBERTURA

Conteúdo:

- Detalhes dos pilares do Pav. Cobertura

- Folha 2/2

- Folha 2/2

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PRECISA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ALTERADA - LEI 5988 ART 25

Relação do aço

2xP1
P5

P2
P8

P3
P9

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	18	96	1728
	2	5.0	12	66	792
	3	5.0	25	102	2550
	4	5.0	16	67	1072
	5	5.0	48	25	1200
	6	5.0	9	25	225
	7	5.0	9	112	1008
CA50	8	5.0	6	72	432
	9	5.0	9	82	738
	10	5.0	6	57	342
	11	10.0	32	163	5216
	12	12.5	6	172	1032

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	52.2	5	35.4
CA60	12.5	10.4	1	10.9
PESO TOTAL (kg)		100.9	10	17.1
CA50	46.3			
CA60	17.1			

Volume de concreto (C-30) = 0.53 m³
Área de forma = 9.72 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão Inicial	27/11/2022	

Habitação Multifamiliar



Instituição:

Instituto Federal de Goiás - IFG

Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

INSTITUTO
FEDERAL
GOIÁS

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dra Liana de Lucca Jardim Borges

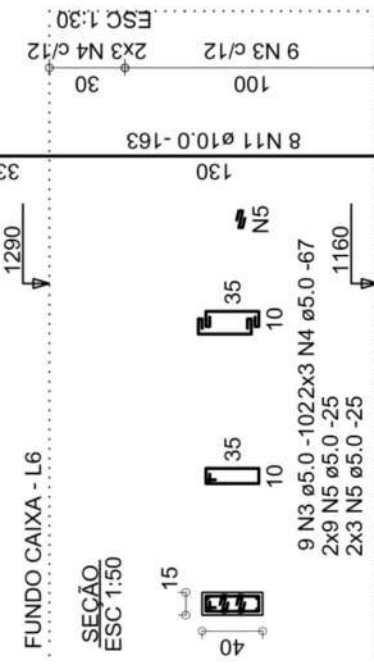
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C-30, Ebs= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 - 22, AÇO CA50 e CA60
IFG, TOC, Rodrigo, 21, Pílares, Fundo Caixa-R00 cad

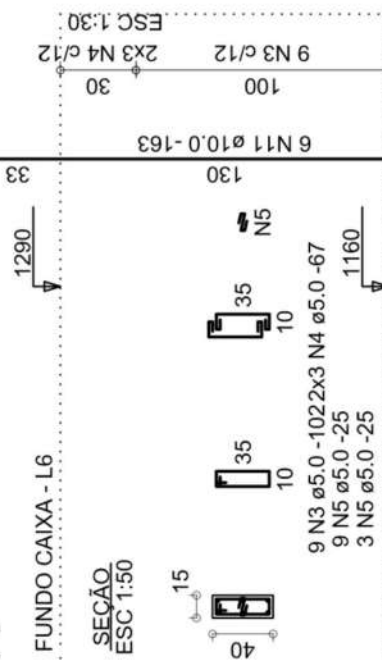
Fundo Caixa

Conteúdo:	Folha nº:
- Detalhe dos Pilares do Pav. Fundo Caixa	21
- Folha 1/2	41
- Folha 1/2	

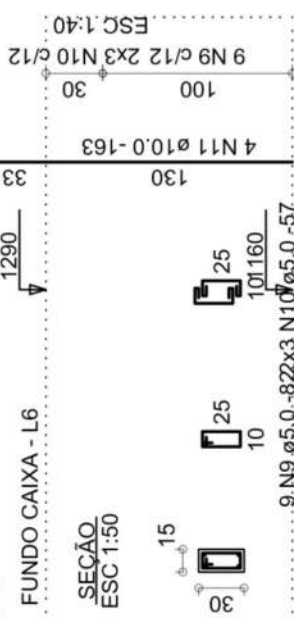
P2



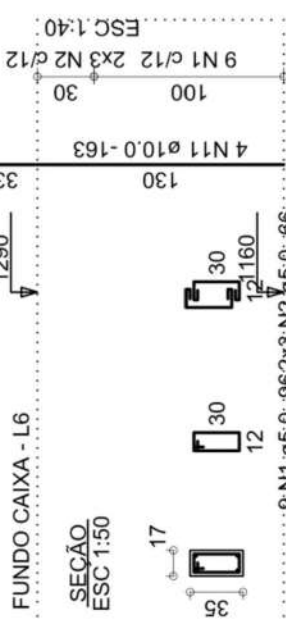
P5



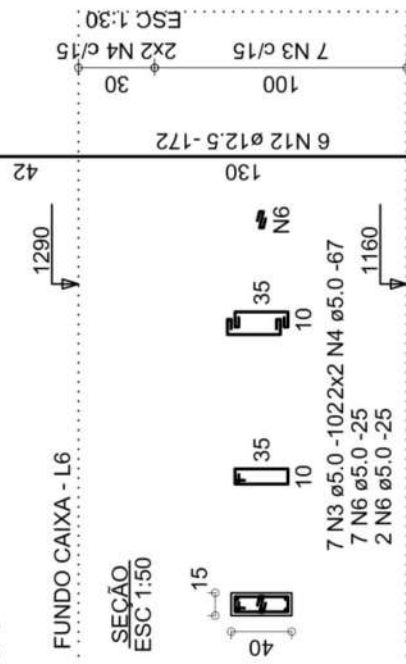
P9



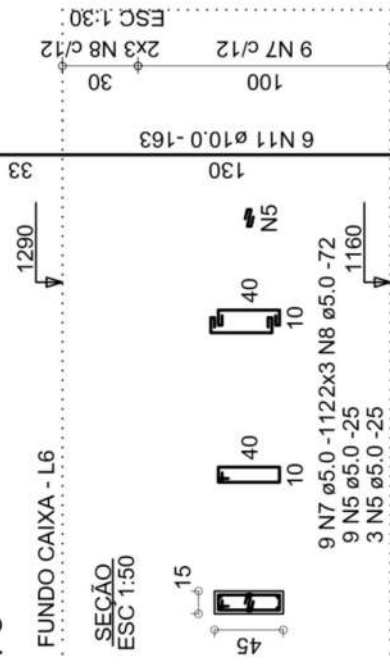
P1=P4



P3



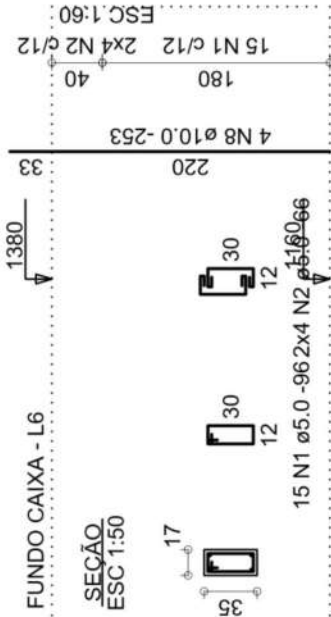
P8



P11=P15=P16

FUNDO CAIXA - L6

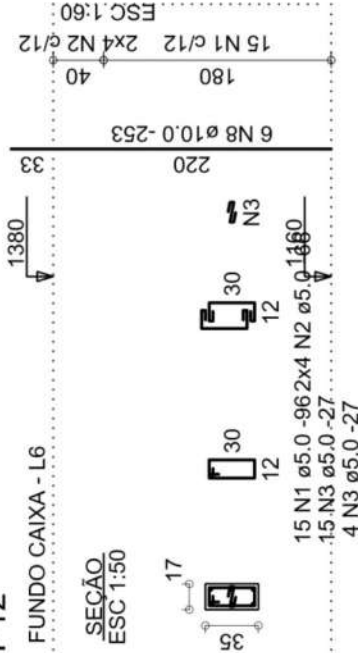
SEÇÃO
ESC 1:50



P12

FUNDO CAIXA - L6

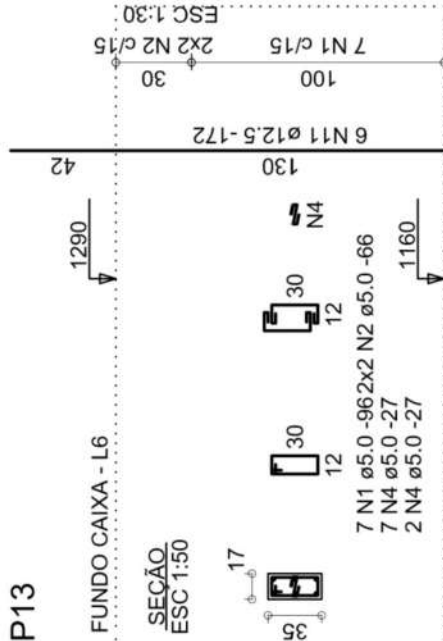
SEÇÃO
ESC 1:50



P13

FUNDO CAIXA - L6

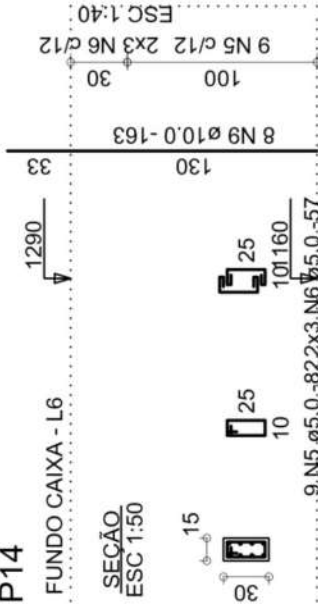
SEÇÃO
ESC 1:50



P14

FUNDO CAIXA - L6

SEÇÃO
ESC 1:50



Relação do aço

3xP11 P14 P12 PP4

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	67	96	6432
	2	5.0	36	66	2376
	3	5.0	19	27	513
	4	5.0	9	27	243
	5	5.0	9	82	738
	6	5.0	6	342	342
	7	5.0	9	72	648
CA50	8	10.0	18	253	4554
	9	10.0	8	163	1304
	10	10.0	6	161	966
	11	12.5	6	172	1032

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	68.3	7	46.3
CA50	12.5	10.4	1	10.9
CA60	5.0	113	11	19.1
PESO TOTAL (kg)				
CA50	57.2			
CA60	19.1			

Volume de concreto (C-30) = 0.71 m³
Área de forma = 12.71 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	Rodrigo

Habituação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO

INSTITUTO
FEDERAL
GOIÁS

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dra. Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E 30
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
FG, TCC Rodrigo, 22, Placas, Fundo Caixa R00 CAD

FUNDO CAIXA

Conteúdo:

- Detalhes dos pilares do Pav. Fundo Caixa

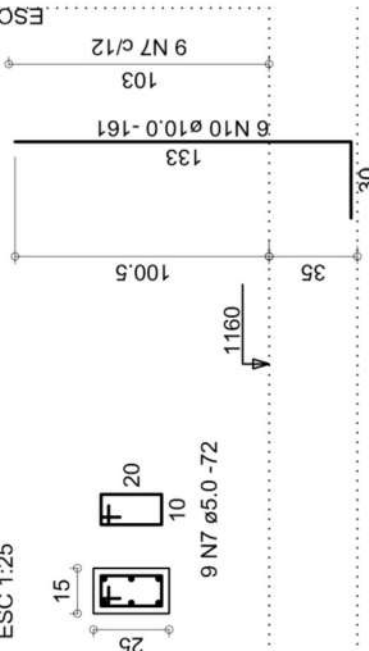
- Folha 1/2

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU TERCEIRA. LEI 5698 ART 25

Pilares da Parede da Platibanda

PP1=PP2=PP3=PP4=PP5=PP6=PP7=PP8 (x8)

SEÇÃO
ESC 1:25



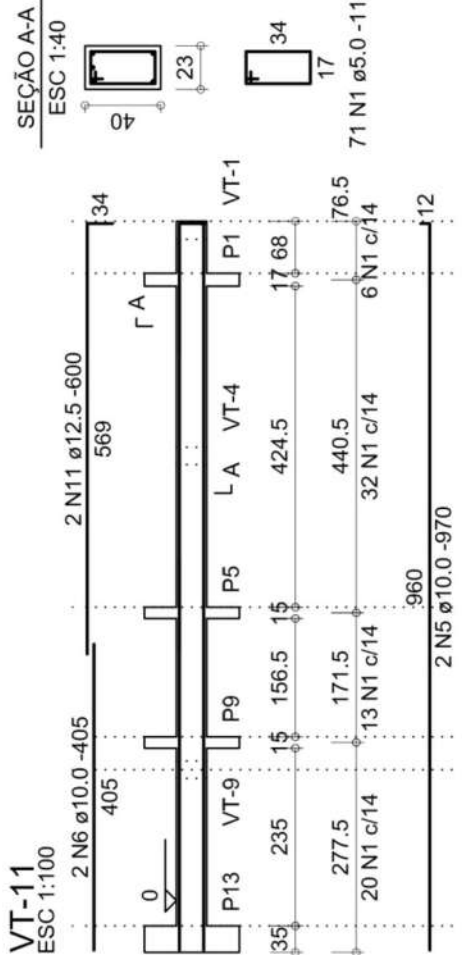
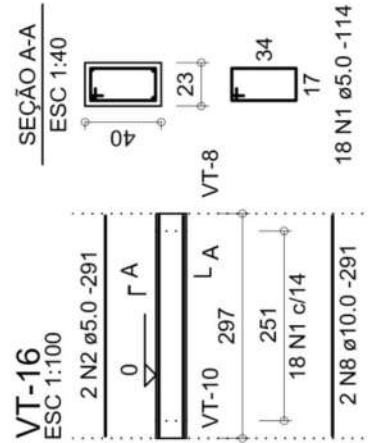
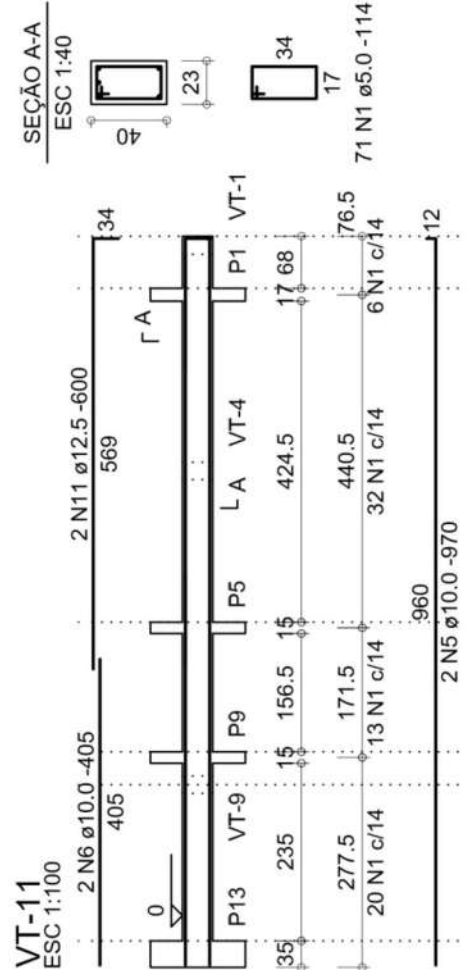
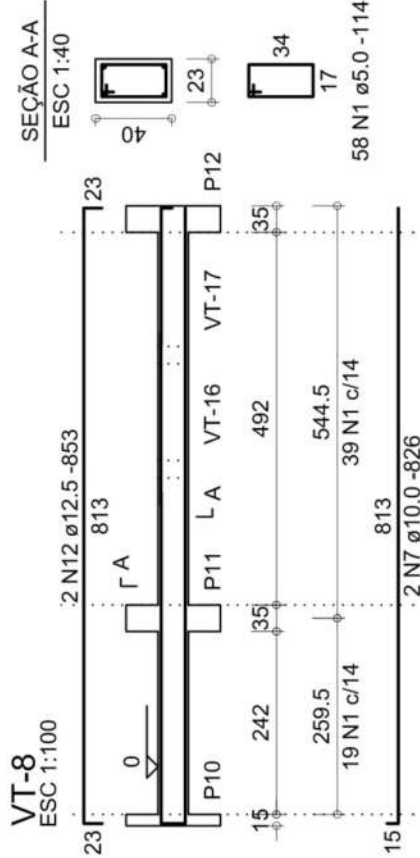
SEÇÃO A-A
ESC 1:40

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	246	114	28044
	2	5.0	2	291	582
	3	10.0	2	900	1800
CA50	4	10.0	2	525	1050
	5	10.0	2	970	1940
	6	10.0	2	405	810
	7	10.0	2	826	1652
	8	10.0	2	291	582
	9	12.5	2	494	
	10	12.5	2	1200	2400
	11	12.5	2	600	1200
	12	12.5	2	853	1706

VT-8
ESC 1:100

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	78.4	8	53.1
	12.5	58	6	61.5
CA60	5.0	286.3	27	48.5
PESO TOTAL (kg)				
CA50	114.6			
CA60	48.5			

Volume de concreto (C-30) = 3.14 m³
Área de forma = 35 m²



Atualizações de Projeto			
N°	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	21/11/2022	

Habitación Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 Centro Centro, Goiânia - GO

**INSTITUTO
FEDERAL**
Goiás

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil

M. e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dr^a Llana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E_t = 30673 MPa
Fator A/C ≤ 0,6, Slump = 14 ±2, AÇO CA50 e CA60

TÉRREO

Conteúdo:

- Detalhes das vigas do pav. Terreo - Folha 2/3 - Folha 2/3	23⁴¹
---	----------------------------

Relação do aço

2xVT-1
VT-5
2xVT-12

VT-3
VT-6

2xVT-4
VT-7

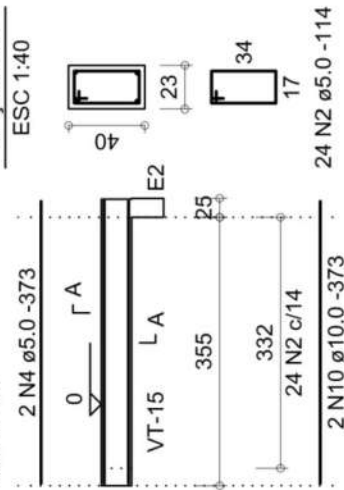
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	4	562	2248
	2	5.0	305	114	34770
	3	5.0	6	206	1236
	4	5.0	2	373	746
	5	5.0	4	251	1004
CA50	6	10.0	2	842	1684
	7	10.0	2	583	1166
	8	10.0	2	1030	2060
	9	10.0	6	206	1236
	10	10.0	2	373	746
	11	10.0	4	554	2216
	12	10.0	4	251	1004
	13	12.5	4	562	2248
	14	12.5	2	180	360
	15	12.5	2	191	382

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	10.0	101.2	10	68.6
CA60	12.5	29.9	3	31.7
CA60	5.0	400.1	37	67.8
PESO TOTAL (kg)				
CA50	100.3			
CA60	67.8			

Volume de concreto (C-30) = 3.98 m³
Área de forma = 44.76 m²

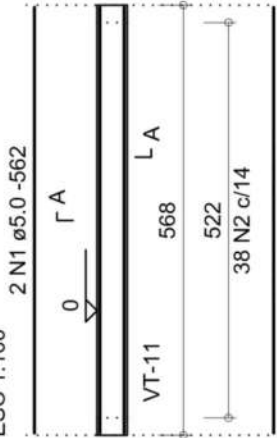
VT-6
ESC 1:100



24 N2 ø5.0 - 114

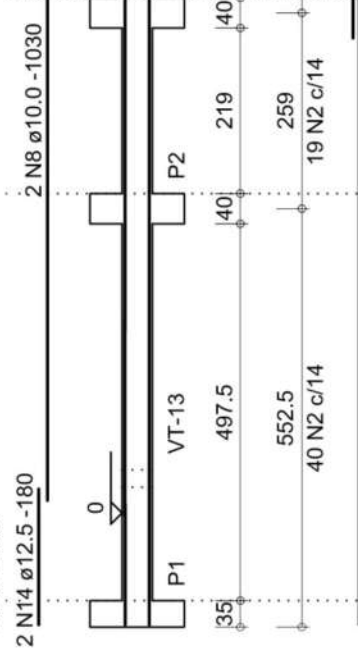
2 N10 ø10.0 - 373

VT-1=VT-2
ESC 1:100



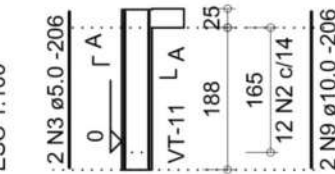
38 N2 ø5.0 - 114

VT-3
ESC 1:100



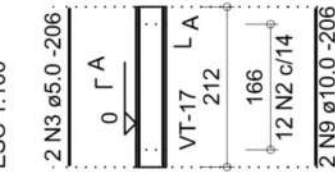
2 N6 ø10.0 - 842

VT-4=VT-9
ESC 1:100



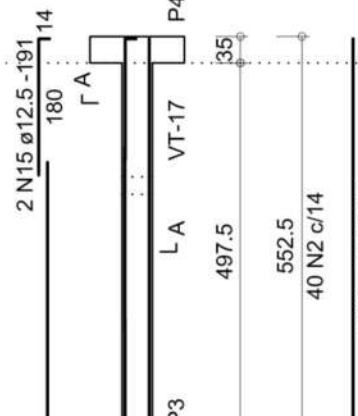
12 N2 ø5.0 - 114

VT-5
ESC 1:100



2 N9 ø10.0 - 206

SEÇÃO A-A
ESC 1:40



99 N2 ø5.0 - 114

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão Inicial		

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 78 - Centro Centro, Goiânia - GO

INSTITUTO
FEDERAL
GOIÁS

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dra Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C30. E>= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6. Slump= <= ±2. AÇO CA50 e CA60
IFG - TCC Rodovia 24, Vianá, Teresopolis - RJ

Térreo

Conteúdo:
- Detalhes das vigas do pavimento Térreo

Folha nº:

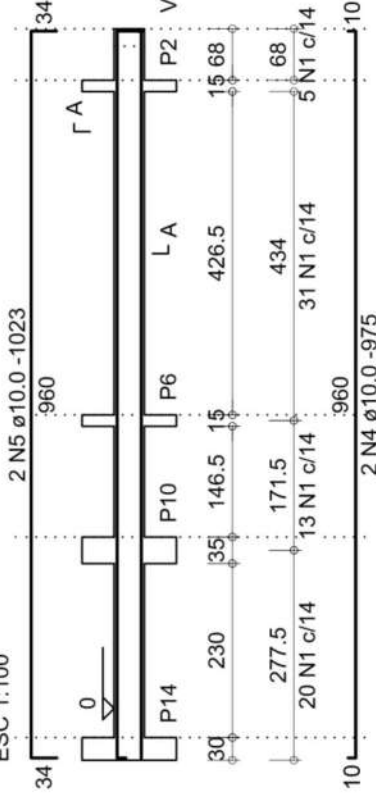
24

41

100 mm

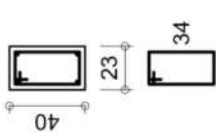
VT-14

ESC 1:100



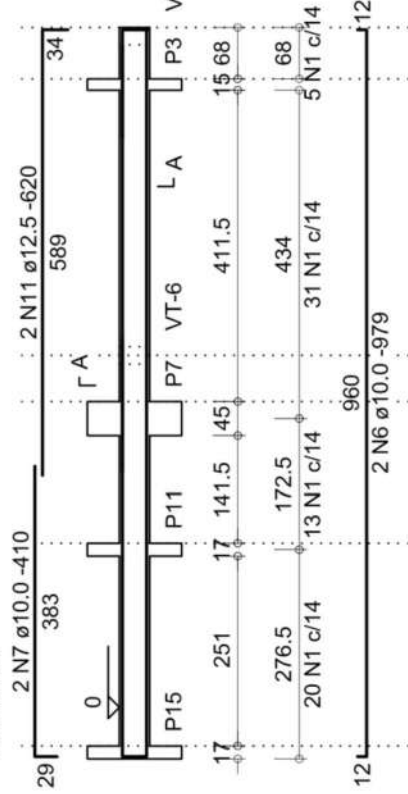
SEÇÃO A-A

ESC 1:40



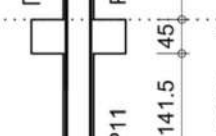
VT-15

ESC 1:100



SEÇÃO A-A

ESC 1:40



Relação do aço

VT-14

VT-15

VT-17

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	250	114	28500
CA50	2	5.0	2	250	500
	3	6.3	1	93	93
	4	10.0	2	975	1950
	5	10.0	2	1023	2046
	6	10.0	4	979	3916
	7	10.0	4	410	1640
	8	10.0	2	630	1260
	9	10.0	2	430	860
	10	10.0	2	620	1240
	11	12.5	2	620	1240

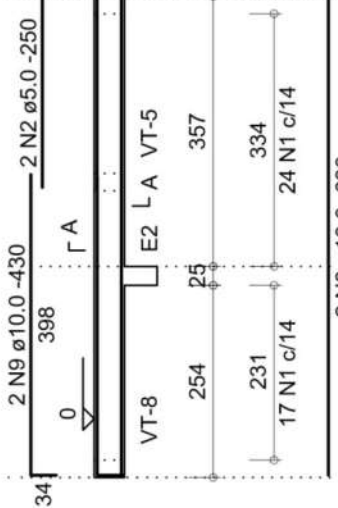
Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	1	1	0.3
	10.0	129.2	12	87.6
	12.5	12.4	2	13.1
CA60	5.0	290	27	49.2
PESO TOTAL (kg)				
CA50				101
CA60				49.2

Volume de concreto (C-30) = 3.16 m³
Área de forma = 35.5 m²

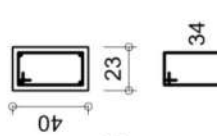
VT-17

ESC 1:100



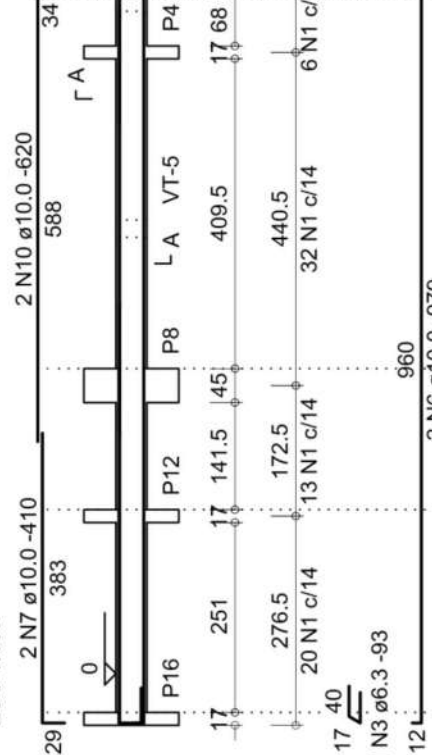
SEÇÃO A-A

ESC 1:40



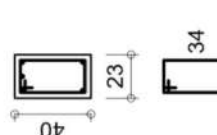
VT-18

ESC 1:100



SEÇÃO A-A

ESC 1:40



1 N3 ø6.3-93

2 N6 ø10.0-979

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	21/11/2022	Rodrigo

Habituação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M. e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG
Drª Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR953): C 30, E1 >= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodriggo_25_Vigas_Térreo_R00_CAD

TÉRREO

Conteúdo:	175
- Detalhes das vigas do pav. Térreo	Folha nº:
- Folha 3/3	25
- Folha 3/3	41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU NÃO, SEM A AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS.

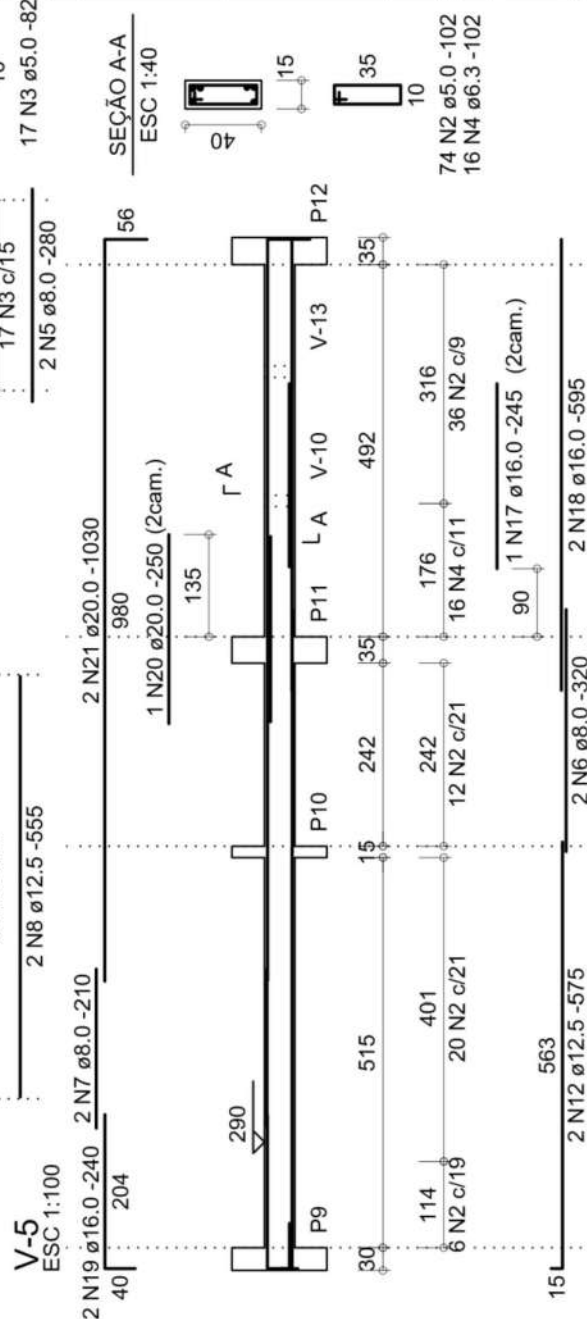
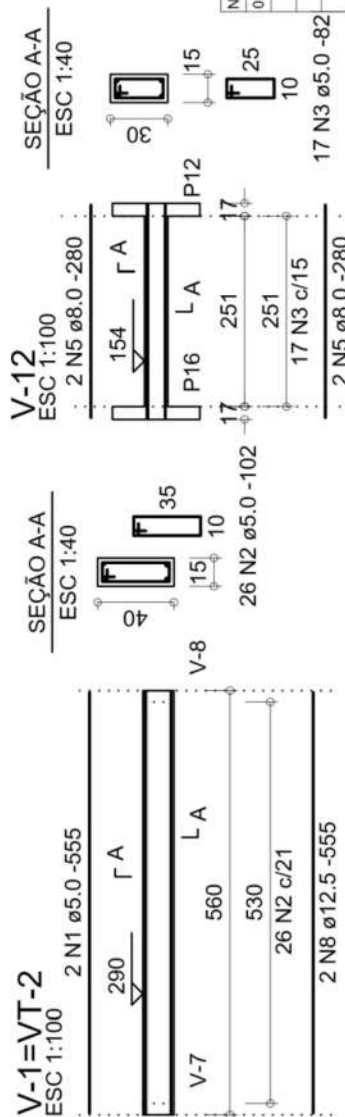
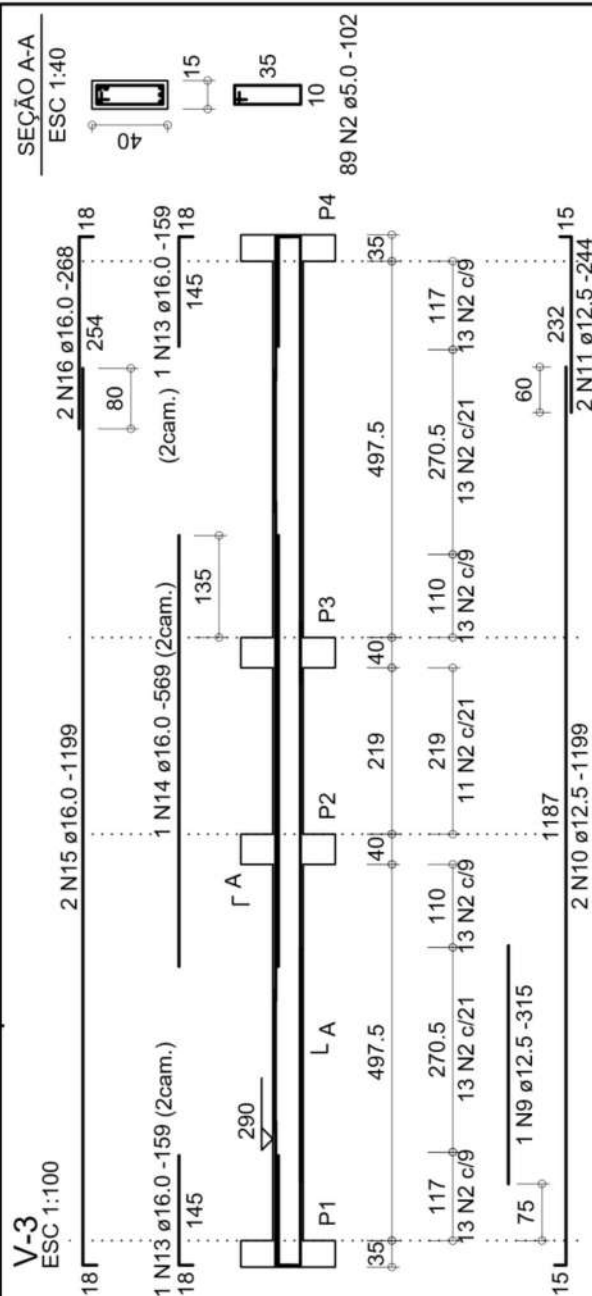
V-5

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5,0	4	555	2220
	2	5,0	215	102	21930
CA50	3	5,0	17	82	1394
	4	6,3	16	102	1632
	5	8,0	4	280	1120
	6	8,0	2	320	640
	7	8,0	2	210	420
	8	12,5	4	555	2220
	9	12,5	1	315	315
	10	12,5	2	1199	2398
11	12,5	2	244	488	
12	12,5	2	575	1150	
13	16,0	2	159	318	
14	16,0	1	569	569	
15	16,0	2	1199	2398	
16	16,0	2	268	536	
17	16,0	1	245	245	
18	16,0	2	595	1190	
19	16,0	2	240	480	
20	20,0	1	250	250	
21	20,0	2	1030	2060	

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	16.4	2	4.4
	8.0	21.8	2	9.5
	12.5	65.8	7	69.6
	16.0	57.4	6	99.6
	20.0	23.1	3	62.7
CA60	5.0	255.5	24	43.3
PESO TOTAL (kg)				
CA50	245.7			
CA60	43.3			

Volume de concreto (C-30) = 2.23 m³
Área de forma = 29.52 m²



Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão Inicial		

Atualizações de Projeto

Habitação Multifamiliar

 **Instituição:**
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

Auto

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dr.^a Liana de Luc

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C30, $E_i = 30673 \text{ MPa}$
Fator A/C ≤ 0.6 , Slump $\geq \pm 2$, ACO CA50 e CA60

dingo_20_Vigas_Tipo R00 cad

1º Pavimento 76

Folha n.º:

26/4

41	41
----	----

UTORAIS DESTE PROJETO PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS
A REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ILUSTRAÇÃO É PROIBIDA POR LEI 5.966 ART. 25

Relação do aço

V-4

V-6

V-13

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	45	112	5040
CA50	2	5.0	90	102	9180
	3	6.3	21	112	2352
	4	8.0	3	84	252
	5	8.0	2	321	642
	6	8.0	2	240	480
	7	8.0	2	193	386
	8	8.0	2	237	474
	9	10.0	2	281	562
	10	10.0	1	113	1134
	11	12.5	3	562	1686
	12	12.5	3	574	1722
	13	12.5	2	567	1134
	14	12.5	2	210	420
	15	16.0	1	167	167
	16	16.0	1	579	579
	17	16.0	2	1199	2398
	18	16.0	2	293	586
	19	16.0	1	242	242
	20	16.0	2	595	1190
	21	16.0	1	245	245
	22	16.0	1	150	150
	23	16.0	2	995	1990

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	23.6	3	6.3
	8.0	22.4	3	9.7
	10.0	6.8	1	4.6
	12.5	49.7	5	52.6
	16.0	75.5	7	131
CA60	5.0	142.2	14	24.1
PESO TOTAL (kg)				
CA50	204.2			
CA60	24.1			

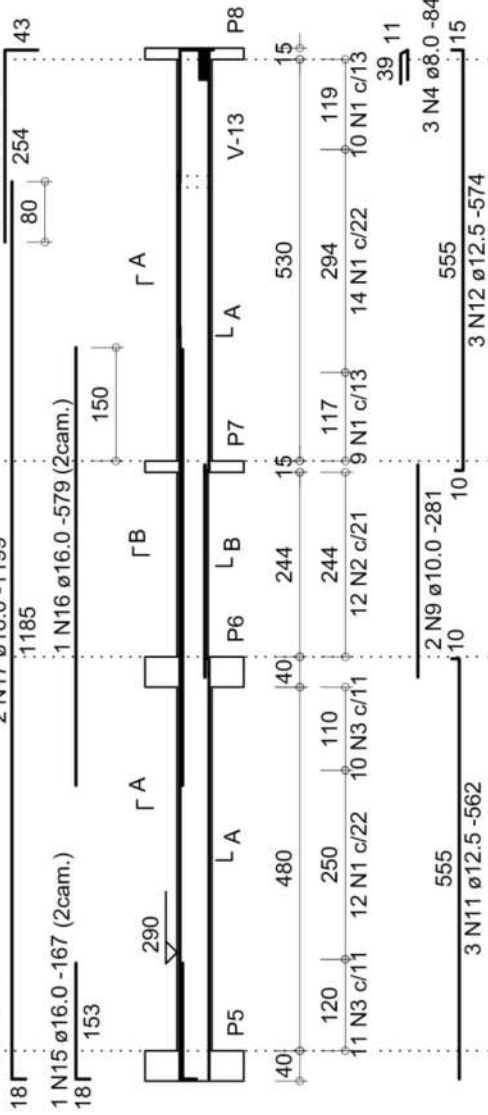
Volume de concreto (C-30) = 1.69 m³
Área de forma = 22.79 m²

V-4

ESC 1:100

2 N17 ø16.0 -1199

2 N18 ø16.0 -293



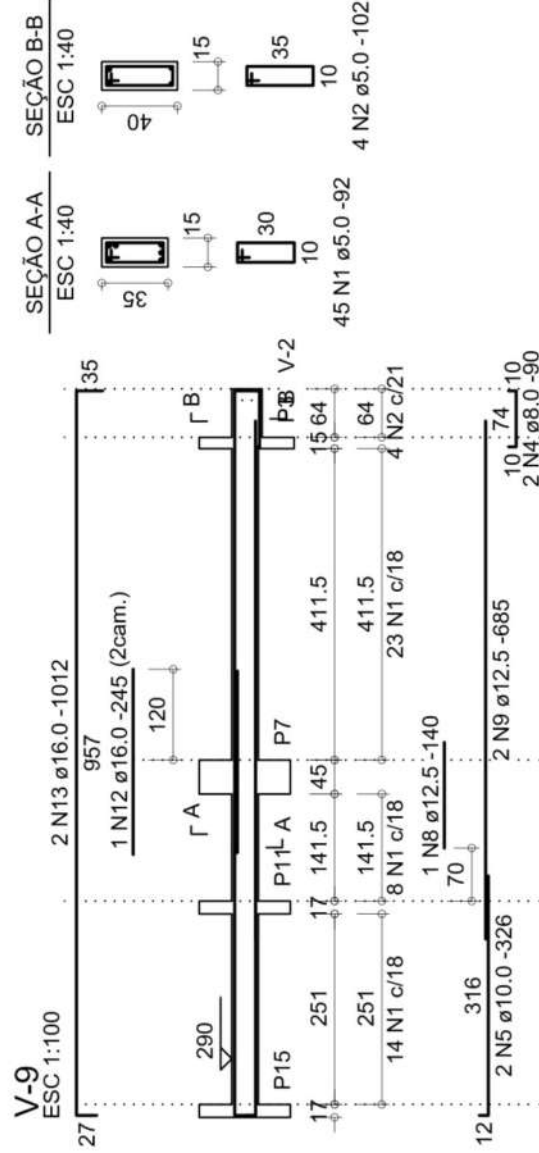
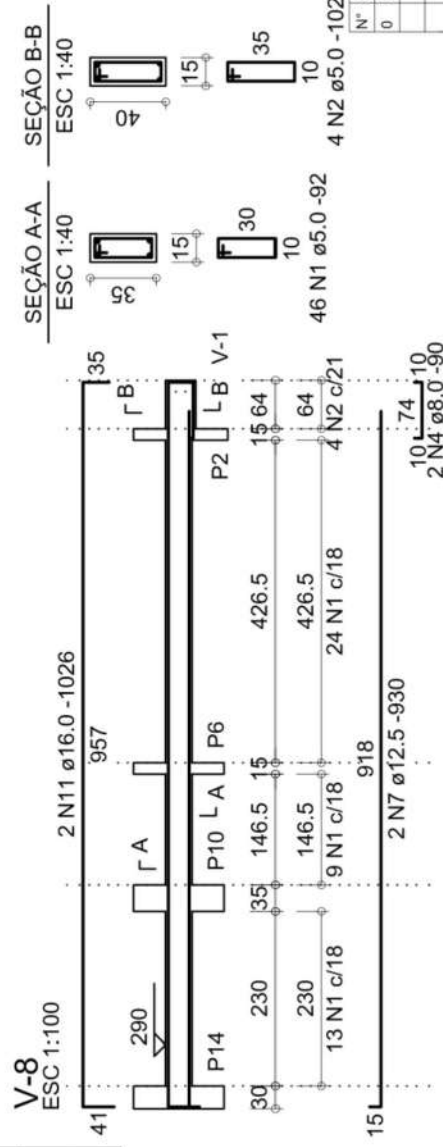
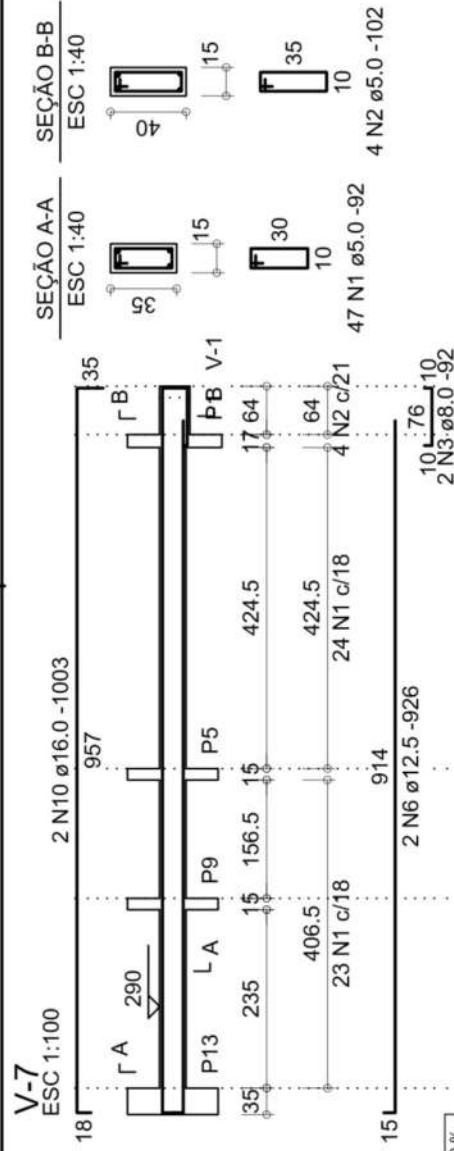
Relação do aço

V-7		V-8		V-9	
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5,0	138	92	12696
	2	5,0	12	102	1224
	3	8,0	2	92	184
	4	8,0	4	90	360
CA50	5	10,0	2	326	652
	6	12,5	2	926	1852
	7	12,5	2	930	1860
	8	12,5	1	140	140
	9	12,5	2	1370	2740
	10	16,0	2	1003	2006
	11	16,0	2	1026	2052
	12	16,0	1	245	245
	13	16,0	2	1012	2024

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	5.5	1	2.4
	10.0	6.6	1	4.4
	12.5	52.3	5	55.3
	16.0	63.3	6	109.8
CA60	5.0	139.2	13	23.6
PESO TOTAL (kg)				
CA50	172			
CA60	23.6			

Volume de concreto (C-30) = 1.39 m³
Área de forma = 18.47 m²



Atualizações de Projeto		
Nº	Comentário	Data
0	Emissão inicial	22/11/2022

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dr. Liana de L.

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E1 = 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump = 14 ±2, AÇO CA50 e CA60

TIPO 1 AO 3

8

၁၁၆

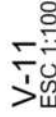
41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTE PROJETO PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS

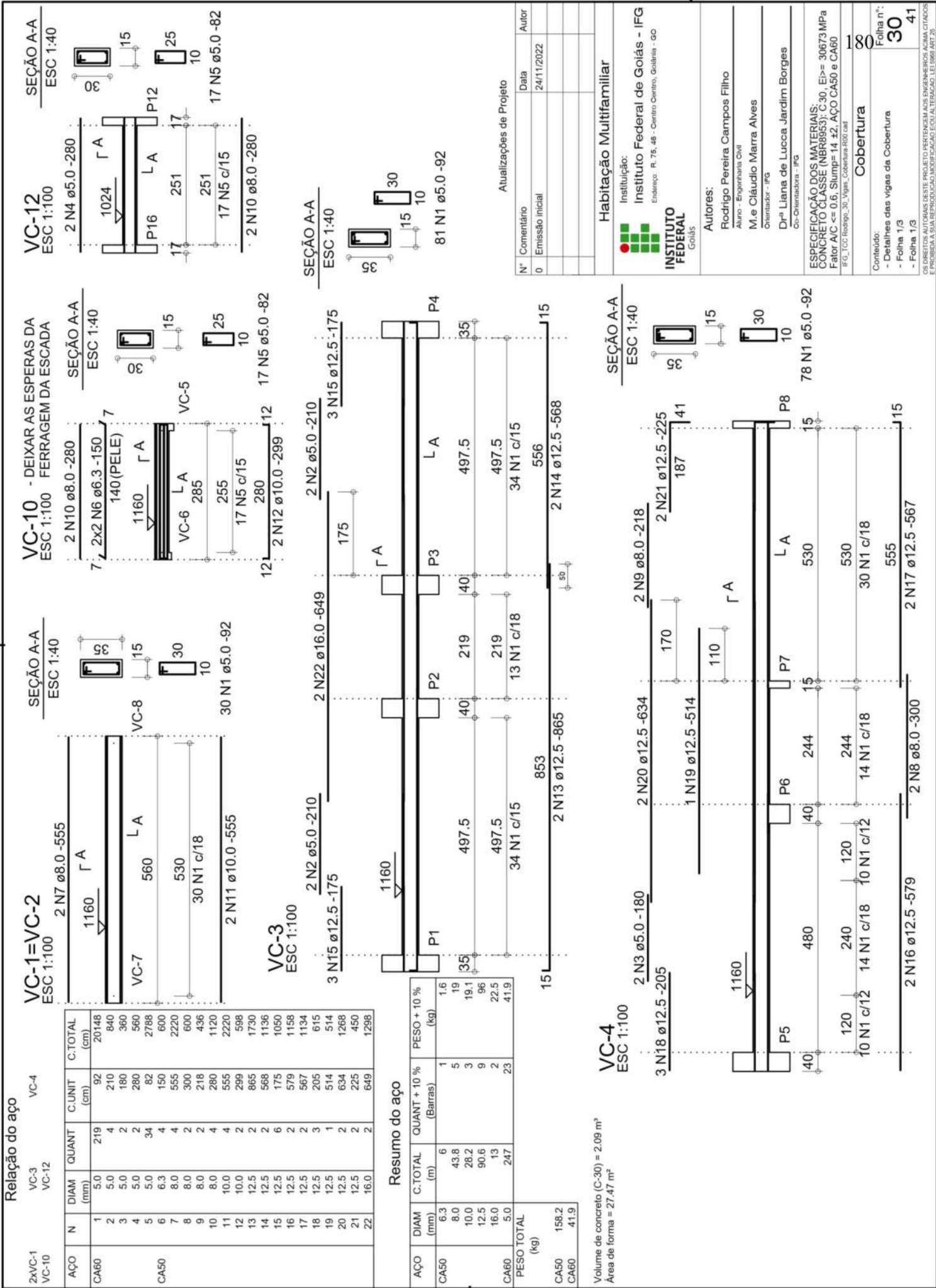
Resumo do aco

	FE30 TOTAL (kg)
CA50	63.
CA60	13.

Volume de concreto (C-30) = 0.58 m³
Área de forma = 8.31 m²



OS DIREITOS AUTORAIS DESTA OBRA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA A SUA REPRODUCAO MODIFICACAO E/OU ALTERACAO. LEI 5965 ART 25



10

Relação do aço

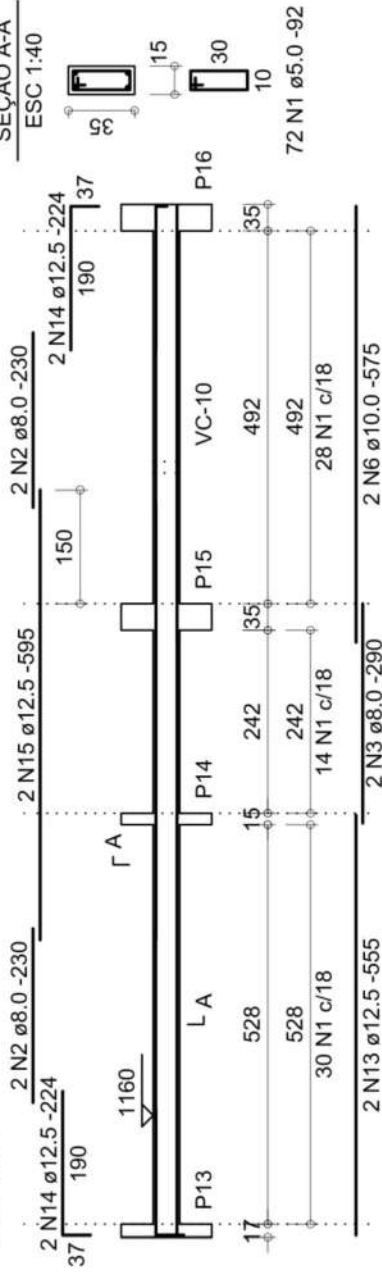
VC-6		VC-9		VC-11	
AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	170	92	15640
CA50	2	8.0	4	230	920
	3	8.0	2	290	580
	4	8.0	2	463	926
	5	8.0	2	973	1946
	6	10.0	2	575	1150
	7	10.0	2	560	1120
	8	10.0	1	210	210
	9	10.0	2	160	320
	10	10.0	2	1005	2010
	11	10.0	1	190	190
	12	10.0	2	994	1988
	13	12.5	2	555	1110
	14	12.5	4	224	896
	15	12.5	2	595	1190

Resumo do aço

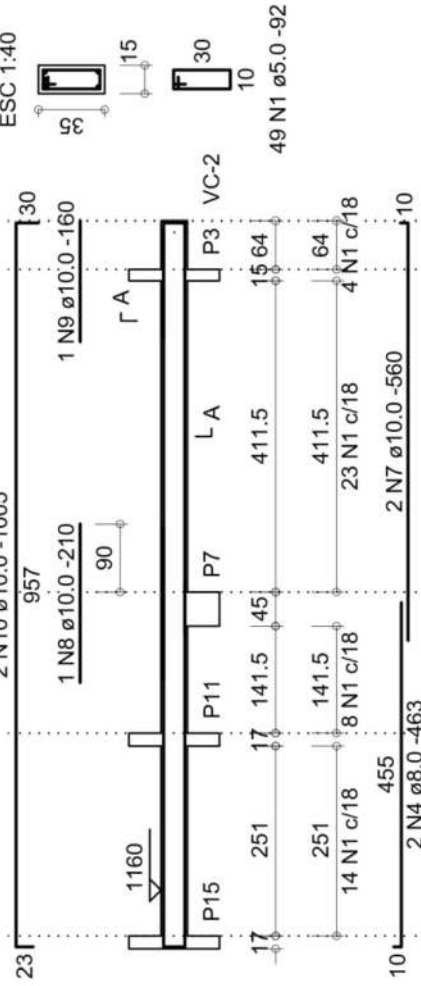
AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	8.0	43.8	5	19
	10.0	69.9	7	47.4
	12.5	32	3	33.9
CA60	5.0	156.4	15	26.5
PESO TOTAL (kg)				
CA50	100.2			
CA60	26.5			

Volume de concreto (C-30) = 1.57 m³
Área de forma = 22.59 m²

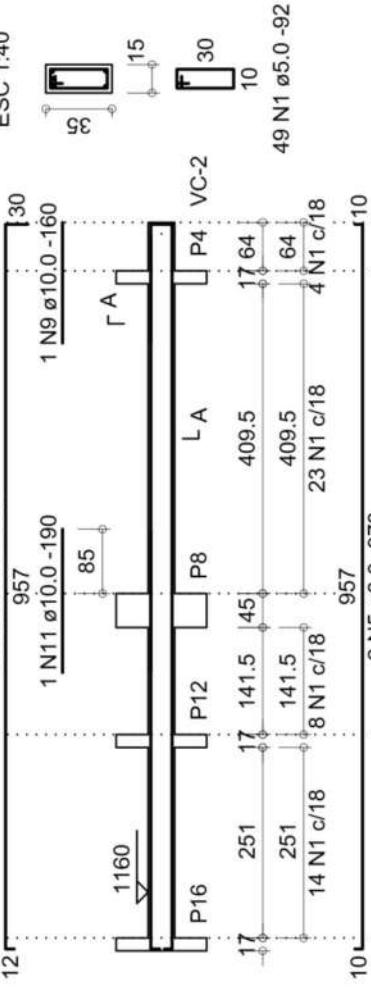
VC-6
ESC 1:100



VC-9
ESC 1:100



VC-11
ESC 1:100



Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	24/11/2022	

Habituação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, EI >= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC Rodrigo_32_Vigas_Cobertura-R00.CAD

COBERTURA

Conteúdo:	18
- Detalhes das vigas da Cobertura	
- Folha 3/3	32
- Folha 3/3	41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E É PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ALTERADA. Lei 5988 ART 25

Relação do aço

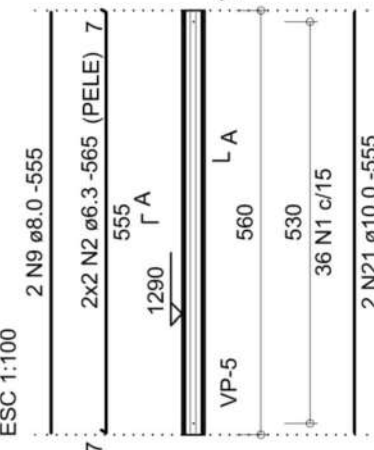
Aço	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
2xVP-1	1	5.0	254	82	20828
VP-3	2	6.3	8	565	4520
VP-5	3	6.3	4	294	1176
VP-9	4	6.3	4	835	3340
	5	6.3	4	963	3852
	6	6.3	8	672	5376
	7	6.3	4	202	808
	8	6.3	4	537	2148
	9	8.0	4	555	2220
	10	8.0	2	294	588
	11	8.0	2	326	652
	12	8.0	2	832	1664
	13	8.0	2	854	1708
	14	8.0	2	965	1930
	15	8.0	2	1003	2006
	16	8.0	4	82	328
	17	8.0	4	120	480
	18	8.0	2	207	414
	19	8.0	2	230	460
	20	8.0	2	534	1068
	21	10.0	4	555	2220
	22	10.0	2	554	1108

Resumo do aço

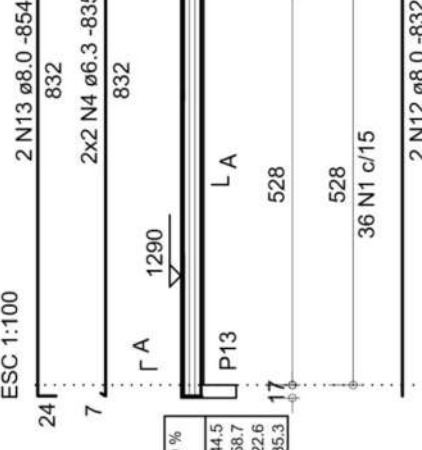
ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	165.2	16	44.5
CA50	8.0	135.2	13	58.7
CA60	10.0	33.3	4	22.6
PESO TOTAL	5.0	208.3	20	35.3
CA50	125.7			
CA60	35.3			

Volume de concreto (C-30) = 1,65 m³
Área de forma = 27,54 m²

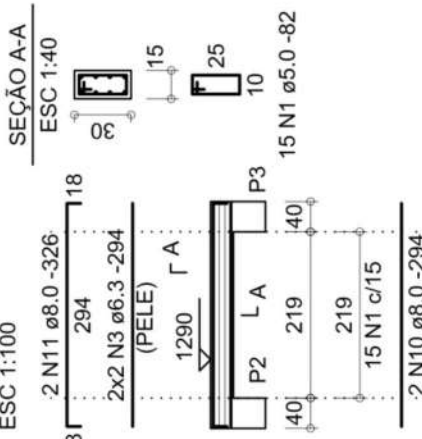
VP-1=VP-2



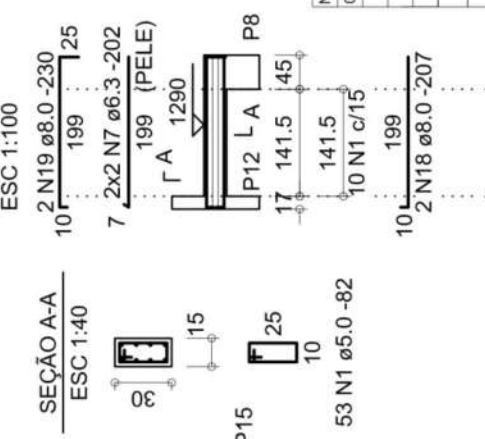
VP-4



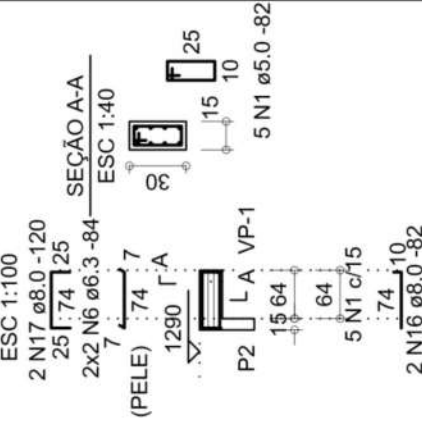
VP-3



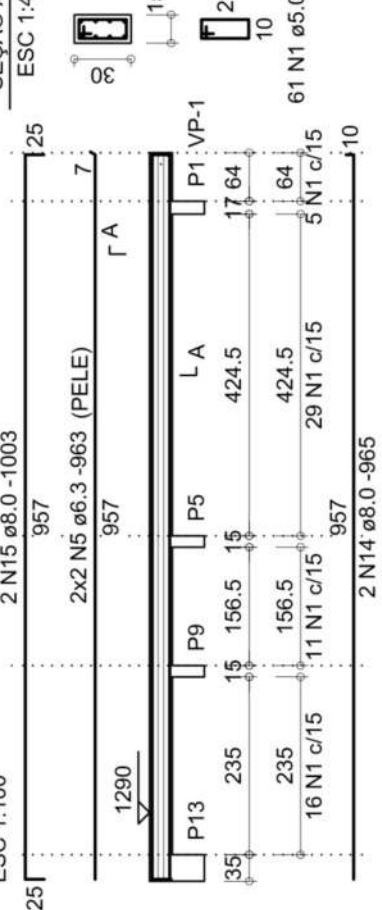
VP-8



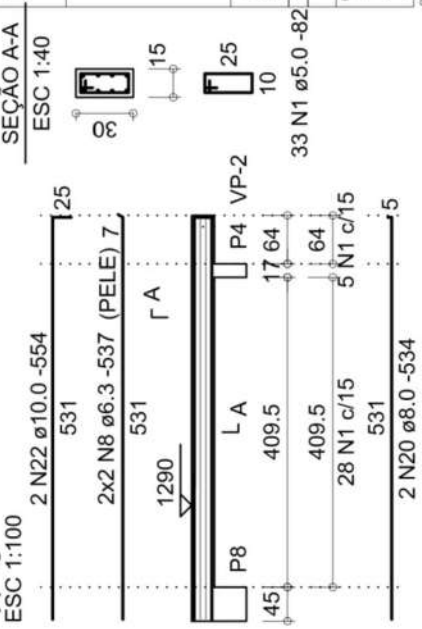
VP-6=VP-7



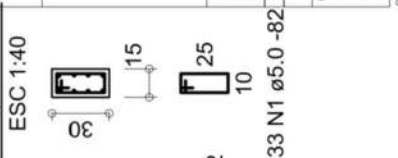
VP-5



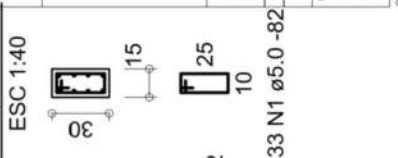
VP-9



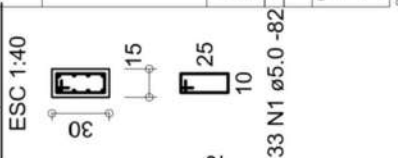
SEÇÃO A-A



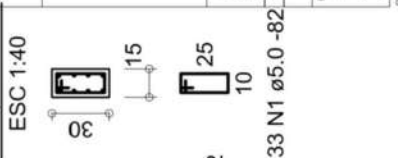
SEÇÃO A-A



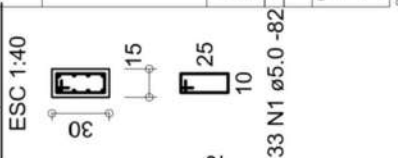
SEÇÃO A-A



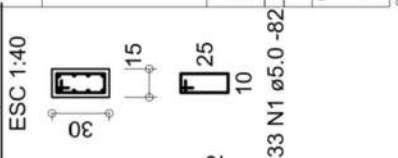
SEÇÃO A-A



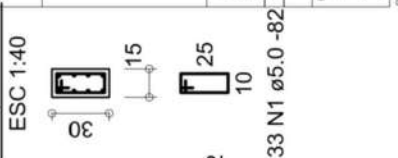
SEÇÃO A-A



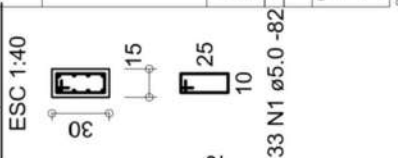
SEÇÃO A-A



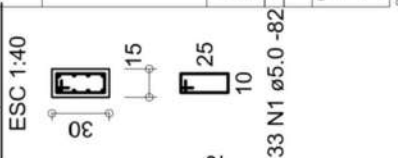
SEÇÃO A-A



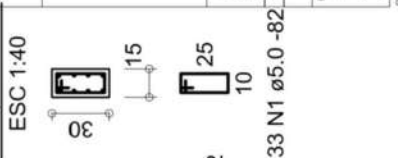
SEÇÃO A-A



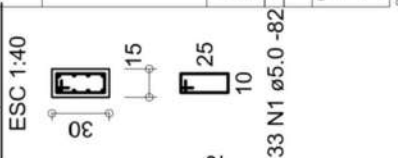
SEÇÃO A-A



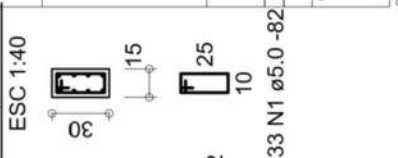
SEÇÃO A-A



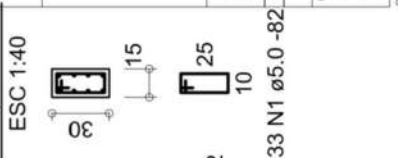
SEÇÃO A-A



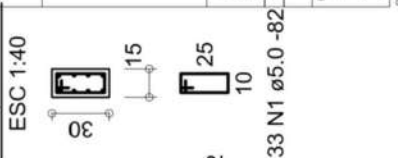
SEÇÃO A-A



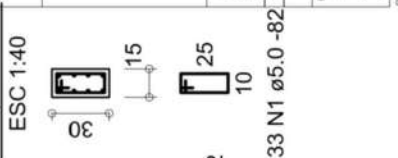
SEÇÃO A-A



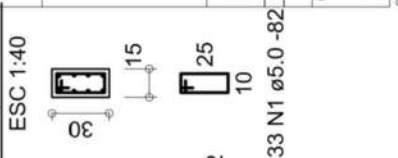
SEÇÃO A-A



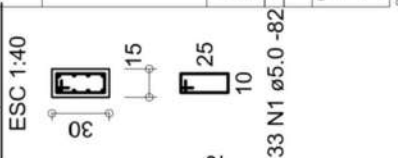
SEÇÃO A-A



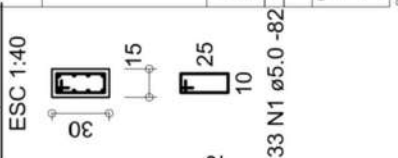
SEÇÃO A-A



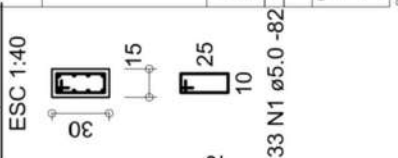
SEÇÃO A-A



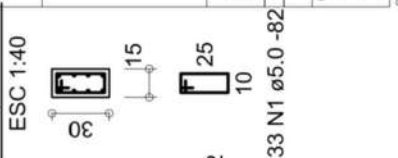
SEÇÃO A-A



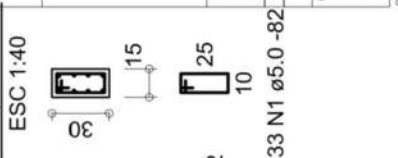
SEÇÃO A-A



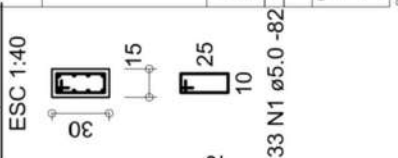
SEÇÃO A-A



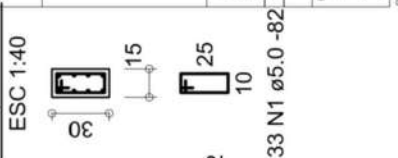
SEÇÃO A-A



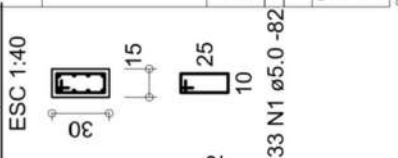
SEÇÃO A-A



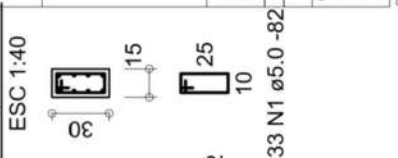
SEÇÃO A-A



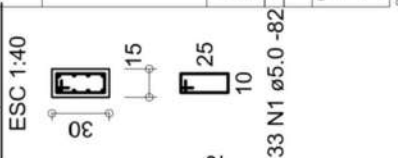
SEÇÃO A-A



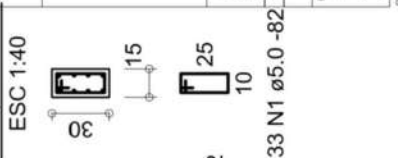
SEÇÃO A-A



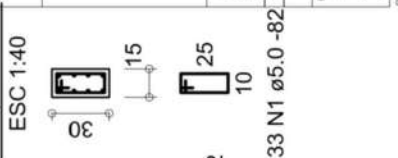
SEÇÃO A-A



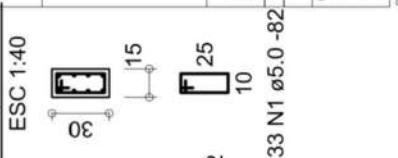
SEÇÃO A-A



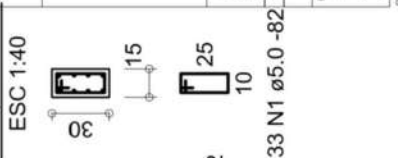
SEÇÃO A-A



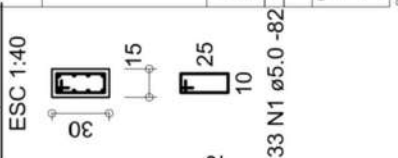
SEÇÃO A-A



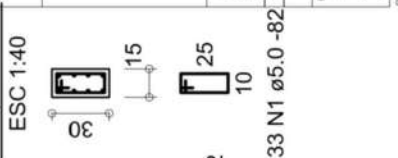
SEÇÃO A-A



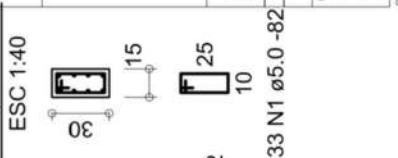
SEÇÃO A-A



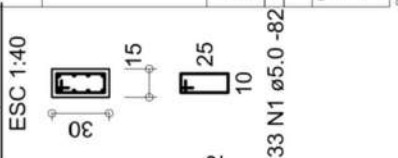
SEÇÃO A-A



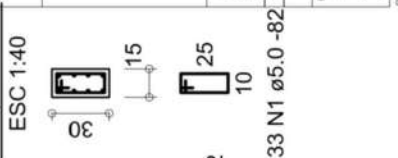
SEÇÃO A-A



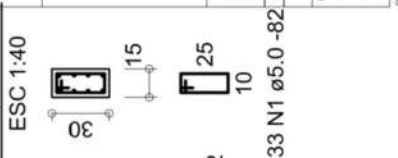
SEÇÃO A-A



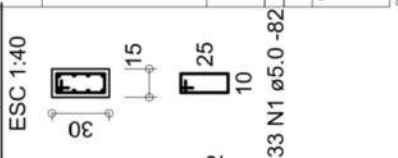
SEÇÃO A-A



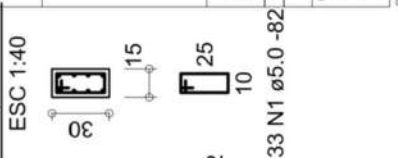
SEÇÃO A-A



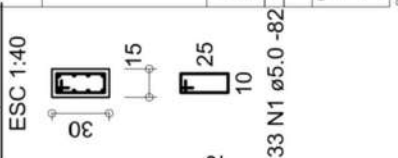
SEÇÃO A-A



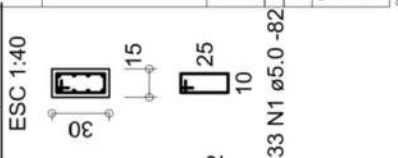
SEÇÃO A-A



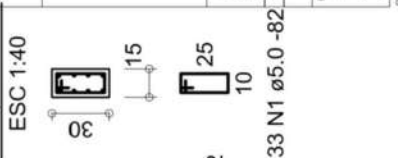
SEÇÃO A-A



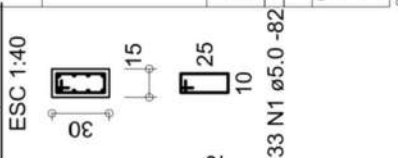
SEÇÃO A-A



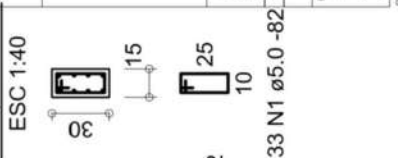
SEÇÃO A-A



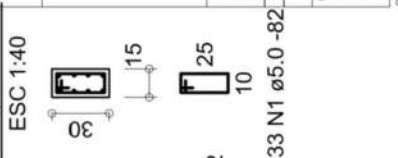
SEÇÃO A-A



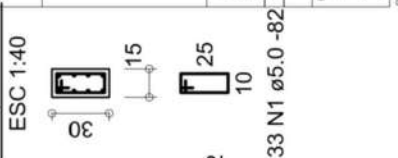
SEÇÃO A-A



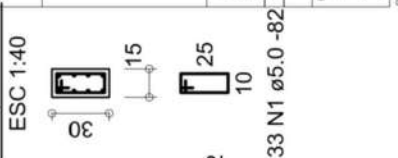
SEÇÃO A-A



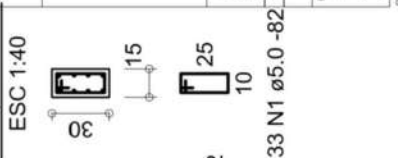
SEÇÃO A-A



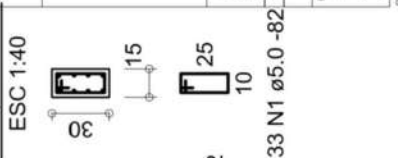
SEÇÃO A-A



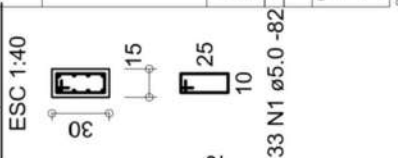
SEÇÃO A-A



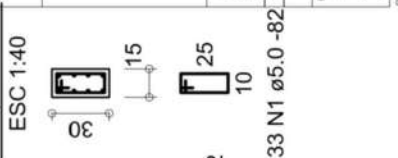
SEÇÃO A-A



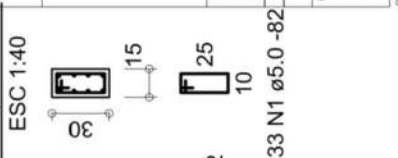
SEÇÃO A-A



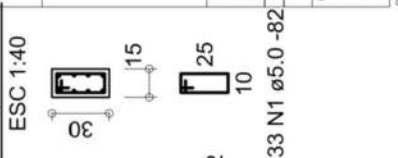
SEÇÃO A-A



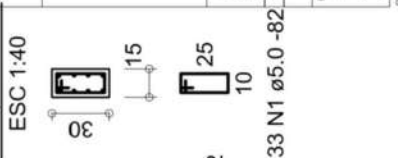
SEÇÃO A-A



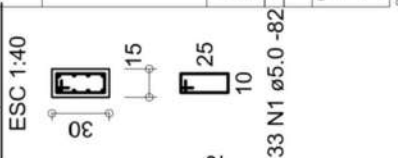
SEÇÃO A-A



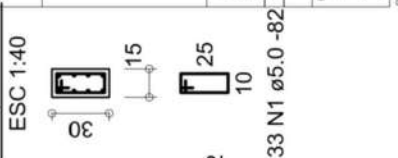
SEÇÃO A-A



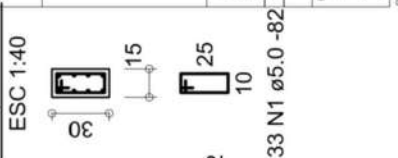
SEÇÃO A-A



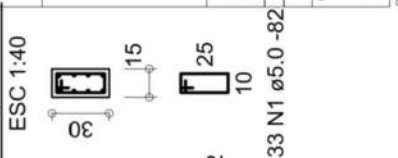
SEÇÃO A-A



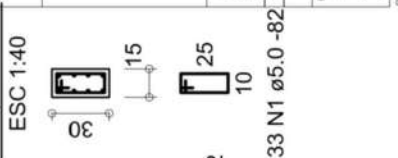
SEÇÃO A-A



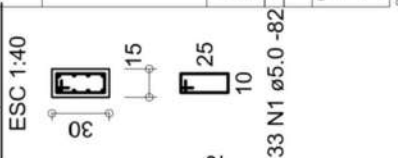
SEÇÃO A-A



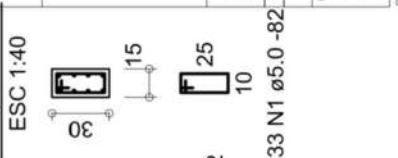
SEÇÃO A-A



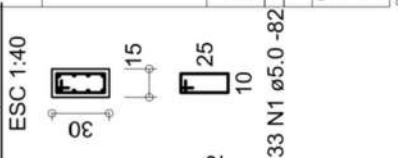
SEÇÃO A-A



SEÇÃO A-A



SEÇÃO A-A



Relação do aço

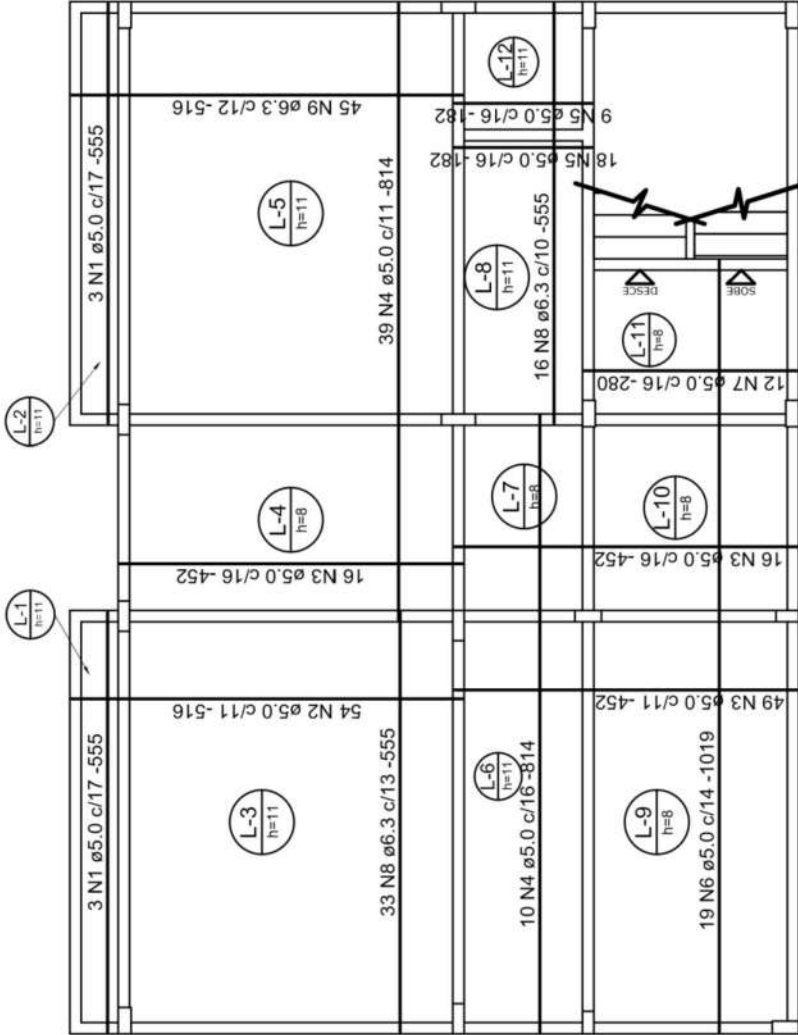
Negativos

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	6	555	3330
	2	5.0	54	516	27864
	3	5.0	81	452	36612
	4	5.0	49	814	39886
	5	5.0	27	182	4914
	6	5.0	19	1019	19361
CA50	7	5.0	12	280	3360
	8	6.3	49	555	27195
	9	6.3	45	516	23220

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	504.2	47	135.7
CA60	5.0	1353.3	125	229.4
PESO TOTAL (kg)				
CA50				135.7
CA60				229.4

Volume de concreto (C-30) = 10.48 m³
Área de forma = 105.89 m²



Armação positiva das lajes do pavimento 1º Pavimento
escala 1:100

OBSERVAÇÕES:

- COBRIMENTO DA ARMADURA = 2.0cm
- ADEQUAR A FERRAGEM AOS BURACOS NAS LAJES E AS LAJES IRREGULARES
- A FERRAGEM NEGATIVA PASSA DENTRO DOS PILARES
- NOS LOCAIS ONDE HOUVER CRUZAMENTO DE VIGAS VERIFICAR SE A ALTURA DA LAJE NÃO ULTRAPASSA A ESPESSURA ESPECIFICADA COM A SOBREPOSIÇÃO DAS FERRAGENS - ONDE ISTO OCORRER, DIMINUIR A ALTURA DO ESTRIBO DE UMA DAS VIGAS
- FERRAGEM DE BORDO: USAR FERROS DE DISTRIBUIÇÃO
- FERRAGEM DE BORDO: USAR FERROS DE DISTRIBUIÇÃO
- USAR FERRO Ø4 2x30 PARA A DISTRIBUIÇÃO DA FERRAGEM
- A FERRAGEM HORIZONTAL DEVERÁ TER UM TRESPASSE NEGATIVA
- MÍNIMO DE 40cm
- USAR ESPAÇADORES E POSICIONADORES ENTRE A FORMA E A FERRAGEM
- NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS CAIXAS EMBUTIDAS NAS LAJES

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	26/11/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C-30, E_{fb}= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC_Rodrigue_34_Lajes Positivas_Tipo-R00 CAD

TIPO 1 AO 3

Conteúdo:

- Armação positiva das lajes do

pavimento Tipo 1 ao 3

pavimento Tipo 1 ao 3

34

41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PRECISA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ALTERADA. LEI 969 ART 25

Relação do aço

Negativos-1

ACO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	45	83	3735
	2	6.3	93	52	4836
	3	6.3	35	58	2030
	4	8.0	17	82	1394
	5	8.0	20	193	3860
	6	8.0	12	580	6960
	7	8.0	9	140	1260
	8	10.0	64	174	11136
	9	10.0	11	373	4103
	10	10.0	10	139	1390
	11	12.5	30	422	12660

Resumo do aço

ACO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	106.1	10	28.5
	8.0	134.8	13	58.5
	10.0	166.3	16	112.8
	12.5	126.6	12	134.2
PESO TOTAL (kg)				
CA50		333.9		

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	26/11/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Dra Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

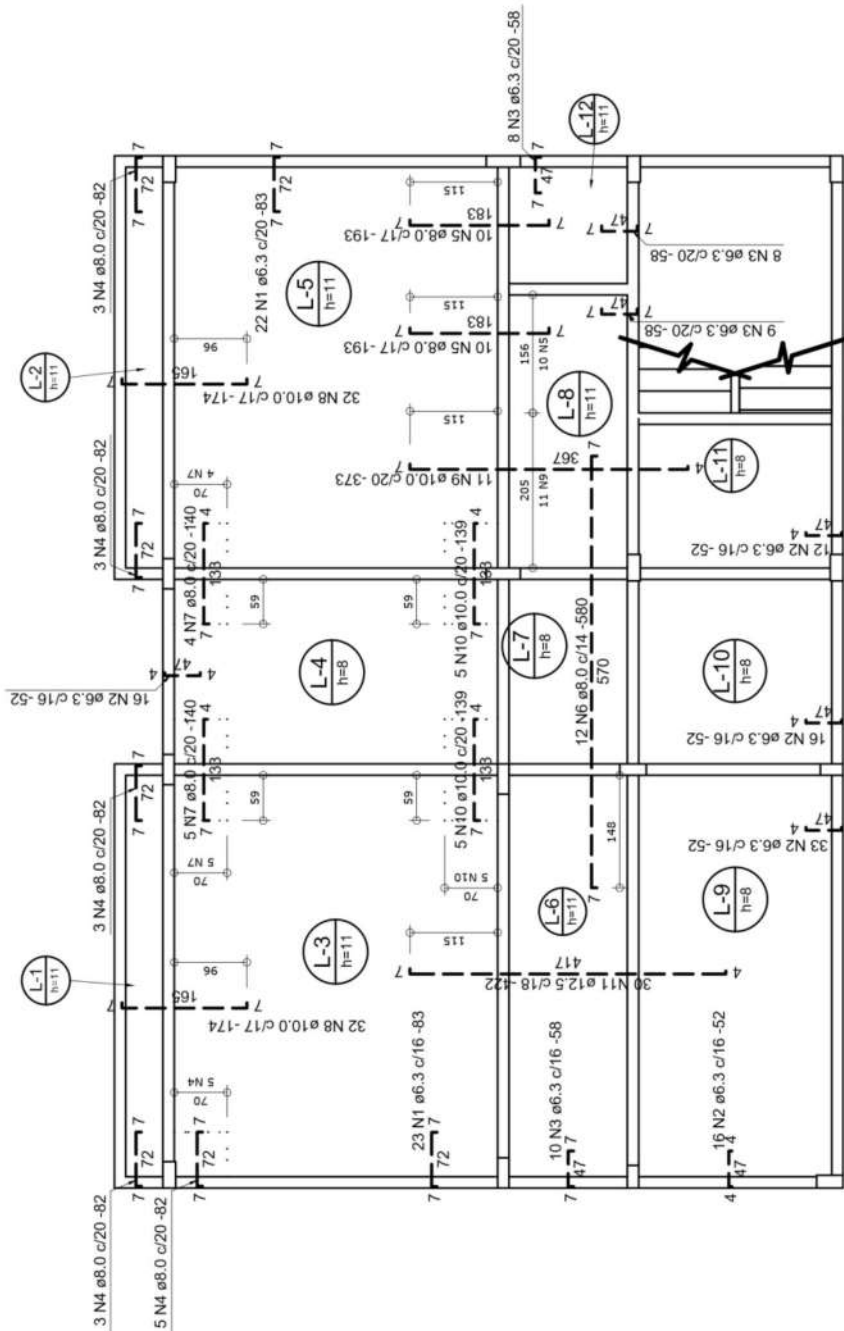
ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E_{dp}= 30673 MPa
Fator AC <= 0.6, Slump= <= 12, AÇO CA50 e CA60
IFG, TCC Rodrigo, 35, Lajes Negativas, Tipo R00 CAD

TIPO 1 AO 3

Conteúdo:	8
Folha n°:	35
- Armação negativa das lajes dos pavimentos Tipo 1 ao 3	
pavimentos Tipo 1 ao 3	41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCERÃO AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E FICARÃO À SUA DISPOSIÇÃO PARA USO EM PROJETOS DE ARQUITETURA E/OU DE ENGENHARIA

Armação negativa das lajes do pavimento 1º Pavimento
escala 1:100



OBSERVAÇÕES:

- COBRIMENTO DA ARMADURA = 2.0cm
- ADEQUAR A FERRAGEM AOS BURACOS NAS LAJES E ÀS LAJES IRREGULARES
- A FERRAGEM NEGATIVA PASSA DENTRO DOS PILARES
- NOS LOCAIS ONDE HOUVER CRUZAMENTO DE VIGAS VERIFICAR SE A ALTURA DA LAJE NÃO ULTRAPASSA A ESPESSURA ESPECIFICADA COM A SOBREPOSIÇÃO DAS FERRAGENS, ONDE ISTO OCORRER, DIMINUIR A ALTURA DO ESTRIBO DE UMA DAS VIGAS
- FERRAGEM DE BORDO: USAR FERROS DE DISTRIBUIÇÃO 20x2.2 CORRIDO
- USAR FERRO Ø4 2c/30 PARA A DISTRIBUIÇÃO DA FERRAGEM NEGATIVA
- A FERRAGEM HORIZONTAL DEVERÁ TER UM TRESPASSE MÍNIMO DE 40cm
- USAR ESPAÇADORES E POSICIONADORES ENTRE A FORMA E A FERRAGEM
- NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS CAIXAS EMBUTIDAS NAS LAJES

Relação do aço

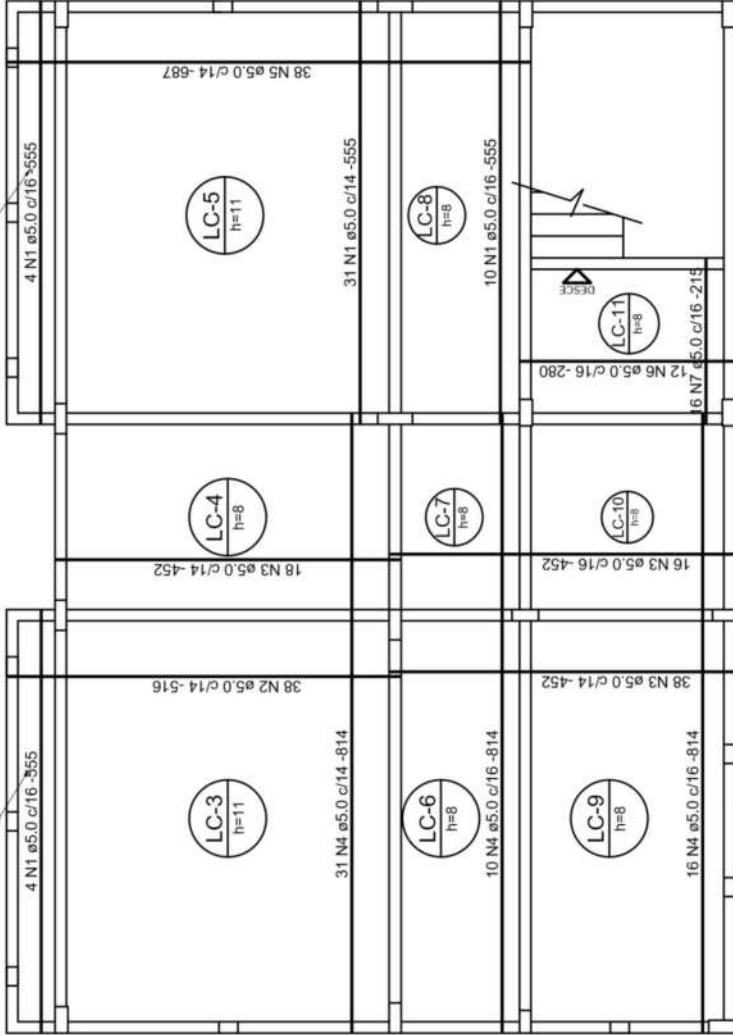
Negativos

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	49	555	27195
	2	5.0	38	516	19608
	3	5.0	72	452	32544
	4	5.0	57	814	46398
	5	5.0	38	687	26106
	6	5.0	12	280	3360
	7	5.0	16	215	3440

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barra)	PESO + 10 % (kg)
CA60	5.0	1586.6	146	269
PESO TOTAL (kg)				
CA60	269			

Volume de concreto (C-30) = 10.01 m³
Área de forma = 106.14 m²



Armação positiva das lajes do pavimento Cobertura
escala 1:100

OBSERVAÇÕES:

- COBRIMENTO DA ARMADURA = 2,0cm
- ADEQUAR A FERRAGEM AOS BURACOS NAS LAJES E AS LAJES IRREGULARES
- A FERRAGEM NEGATIVA PASSA DENTRO DOS PILARES
- NOS LOCAIS ONDE HOUVER CRUZAMENTO DE VIGAS VERIFICAR SE A ALTURA DA LAJE NÃO ULTRAPASSA A ESPESSURA ESPECIFICADA COM A SOBREPOSIÇÃO
- A FERRAGEM DE BORDO DEVE SER ENCRUAVADA NA ALTURA DO ESTRIBO DE UMA DAS VIGAS
- FERRAGEM DE BORDO: USAR FERROS DE DISTRIBUIÇÃO
- USAR FERRO Ø4 2c/30 PARA A DISTRIBUIÇÃO DA FERRAGEM NEGATIVA
- A FERRAGEM HORIZONTAL DEVERÁ TER UM TRESPASSE MÍNIMO DE 40cm
- USAR ESPAÇADORES E POSICIONADORES ENTRE A FORMA E A FERRAGEM
- NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS CAIXAS EMBUTIDAS NAS LAJES

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	

Habituação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO



Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Autor - Engenharia Civil

M. e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C-30, E_h = 30673 MPa
Fator A/C ≤ 0,6, Slump = < 12, AÇO CA50 e CA60
IFG, LCC, Rodrigo, 30, Lajes Positivas, Cobertura 500 CAD

COBERTURA

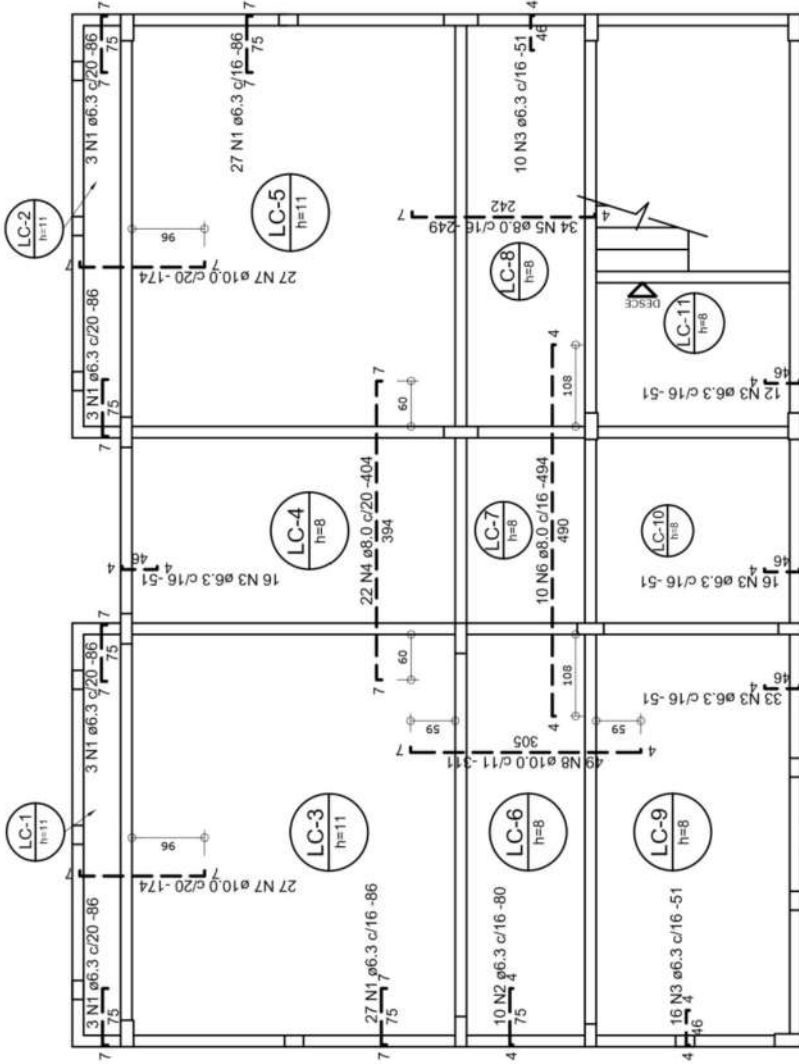
Conteúdo:

36

< >

41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS CIVIS CITAÇÃO E PROTEÇÃO À SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA E/OU ALTERADA LET 5988 ART 25



Armação negativa das lajes do pavimento Cobertura
escala 1:100

Relação do aço

Negativos

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA50	1	6.3	66	86	5676
	2	6.3	10	80	800
	3	6.3	103	51	5253
	4	8.0	22	404	8888
	5	8.0	34	249	8466
	6	8.0	10	494	4940
	7	10.0	54	174	9396
	8	10.0	49	311	15239

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	117.3	11	31.6
	8.0	223	21	96.8
	10.0	246.4	23	167.1
PESO TOTAL (kg)				
CA50	295.4			

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	

Habitação Multifamiliar

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho

Aluno - Engenharia Civil

M.e Cláudio Marra Alves

Orientador - IFG

Drª Liana de Lucca Jardim Borges

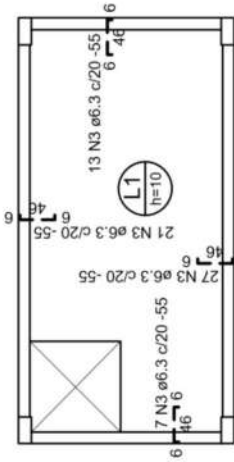
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E1 >= 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC Rodrigo_37_Lajes Negativas_Cobertura R00_CAD

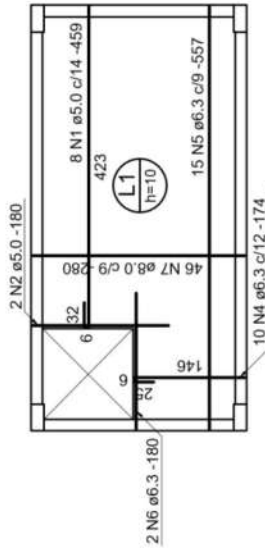
COBERTURA

Conteúdo:	8
- Armação negativa das lajes do Pav. Cobertura	37
<>	41

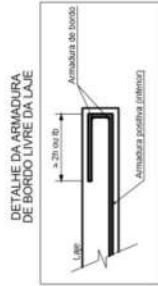
OS DIRETOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCERAM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROIBIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU A TERAÇÃO LIT 5988 ART 25



Armação negativa das lajes do pavimento Fundo Caixa
escala 1:100



Armação positiva das lajes do pavimento Fundo Caixa
escala 1:100



Relação do aço

Negativos

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	8	459	3672
	2	5.0	2	180	360
CA50	3	6.3	68	55	3740
	4	6.3	10	174	1740
	5	6.3	15	557	8355
	6	6.3	2	180	360
	7	8.0	46	280	12880

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	142	14	38.2
	8.0	128.8	12	55.9
CA60	5.0	40.4	4	6.8
PESO TOTAL (kg)				
CA50	94.1			
CA60	6.8			

Volume de concreto (C-30) = 1.22 m³
Área de forma = 12.42 m²

OBSERVAÇÕES:

- COBRIMENTO DA ARMADURA = 2.0cm
- ADEQUAR A FERRAGEM AOS BURACOS NAS LAJES E ÀS LAJES IRREGULARES
- A FERRAGEM NEGATIVA PASSA DENTRO DOS PILARES
- NOS LOCOS ONDE HOUVER CRUZAMENTO DE VIGAS, VERIFICAR SE A ALTURA DA LAJE NÃO ULTRAPASSA A ESPESSURA ESPECIFICADA COM A SOBREPOSIÇÃO DAS FERRAGENS. ONDE ISTO OCORRER, DIMINUIR A ALTURA DO ESTRIBO DE UMA DAS VIGAS
- FERRAGEM DE BORDO: USAR FERROS DE DISTRIBUIÇÃO 20x2 CORRIDO
- USAR FERRO Ø4. 2x30 PARA A DISTRIBUIÇÃO DA FERRAGEM NEGATIVA
- A FERRAGEM HORIZONTAL DEVERÁ TER UM TRESPASSE MÍNIMO DE 40cm
- USAR ESPACADORES E POSICIONADORES ENTRE A FORMA E A FERRAGEM
- NÃO USAR SERRAGEM PARA ENCHER AS CAIXAS EMBUTIDAS NAS LAJES

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	27/11/2022	

Habituação Multifamiliar

Instituição:	Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço:	R. 75, 48 - Centro Centro, Goiânia - GO
INSTITUTO FEDERAL GOIÁS	

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M.e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG
Drª Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C-30, E _{fp} = 30673 MPa
Fator A/C <= 0.6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG_TCC Rodrigo_Campos_Filho_2022

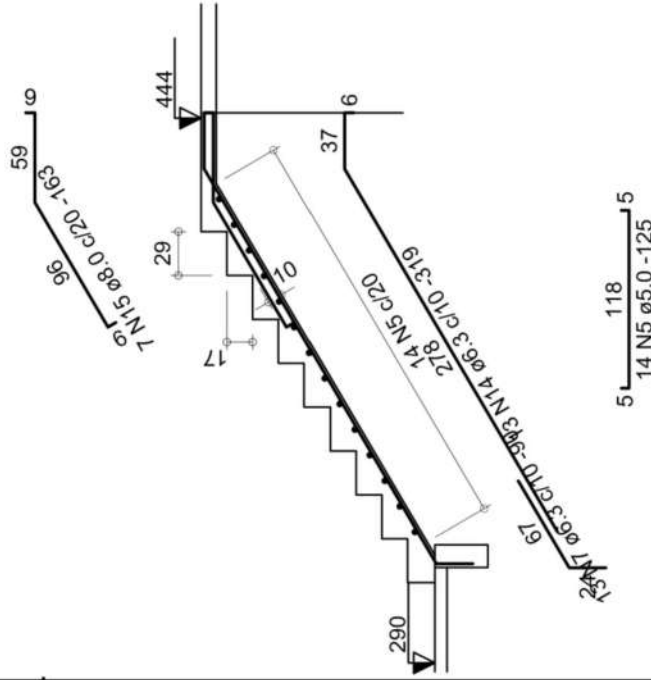
FUNDO CAIXA

Conteúdo:	88
Folha nº:	38
- Armação da laje do Pav. Fundo Caixa	41
<>	
<>	

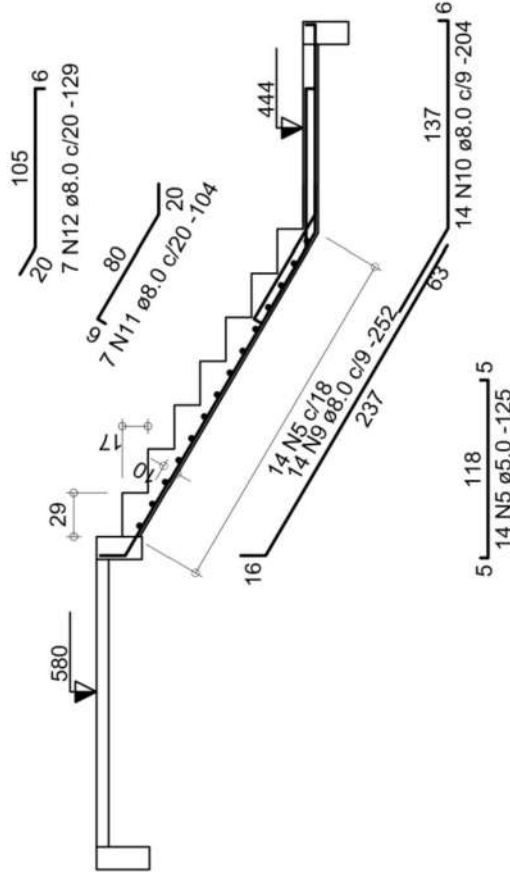
OS DIREITOS AUTORES DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ACIMA CITADOS E PROTEGIDA A SUA REPRODUÇÃO MODIFICADA OU ALTERADA - LEI 5988 ART 25



Armação positiva da escada E1
ESC 1:50

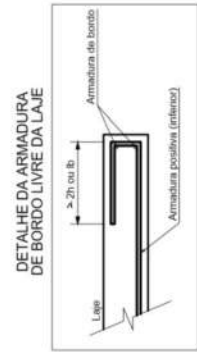


Corte A-A (LE4)
ESC 1:50



Corte B-B (LE-3)
ESC 1:50

Relação do aço



LE4

AÇO	N	DIAM (mm)	QUANT	C.UNIT (cm)	C.TOTAL (cm)
CA60	1	5.0	14	164	2296
	2	5.0	7	322	2254
	13	5.0	2	249	498
	4	5.0	4	129	516
	5	5.0	28	125	3500
CA50	14	6.3	13	319	4147
	7	6.3	13	90	1170
	15	8.0	7	163	1141
	9	8.0	14	252	3528
	10	8.0	14	204	2856
	11	8.0	7	104	728
	12	8.0	7	129	903

Resumo do aço

AÇO	DIAM (mm)	C.TOTAL (m)	QUANT + 10 % (Barras)	PESO + 10 % (kg)
CA50	6.3	53.2	5	14.3
CA60	8.0	91.6	9	39.7
CA60	5.0	90.7	9	15.4
PESO TOTAL (kg)				
CA50	54.1			
CA60	15.4			

Volume de concreto (C-30) = 1,35 m³
Área de forma = 15,45 m²

Atualizações de Projeto

Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	28/11/2022	Rodrigo
1	- Ajustes das armaduras da escada	07/12/2022	

Habituação Multifamiliar

Instituição:	Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço:	R. 75, 48 - Centro Oeste, Goiânia - GO
Goiás	

Autores:

Rodrigo Pereira Campos Filho
Aluno - Engenharia Civil
M.e Cláudio Marra Alves
Orientador - IFG
Dra Liana de Lucca Jardim Borges
Co-Orientadora - IFG

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR9533): C-30, E_p = 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60
IFG, TCC Rodrigo, 39, Escada R01 CAD

ESCALADA

Conteúdo:	- Detalhe da escada do TER a COB
Folha nº:	39
	41

OS DIREITOS AUTORAIS DESTA PROPOSTA PERTENCEM AOS ENGENHEIROS ADRIANA CÍTIOS E FERNANDA SILVA REINOLDO ASSASSI PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE ARQUITETURA E LAYOUT DE INTERIORES



100 mm|

Atualizações de Projeto		
N°	Comentário	Autor
0	Emissão inicial	28/11/2022



**INSTITUTO
FEDERAL**
Goiás

Instituição:
Instituto Federal de Goiás - IFG
Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO

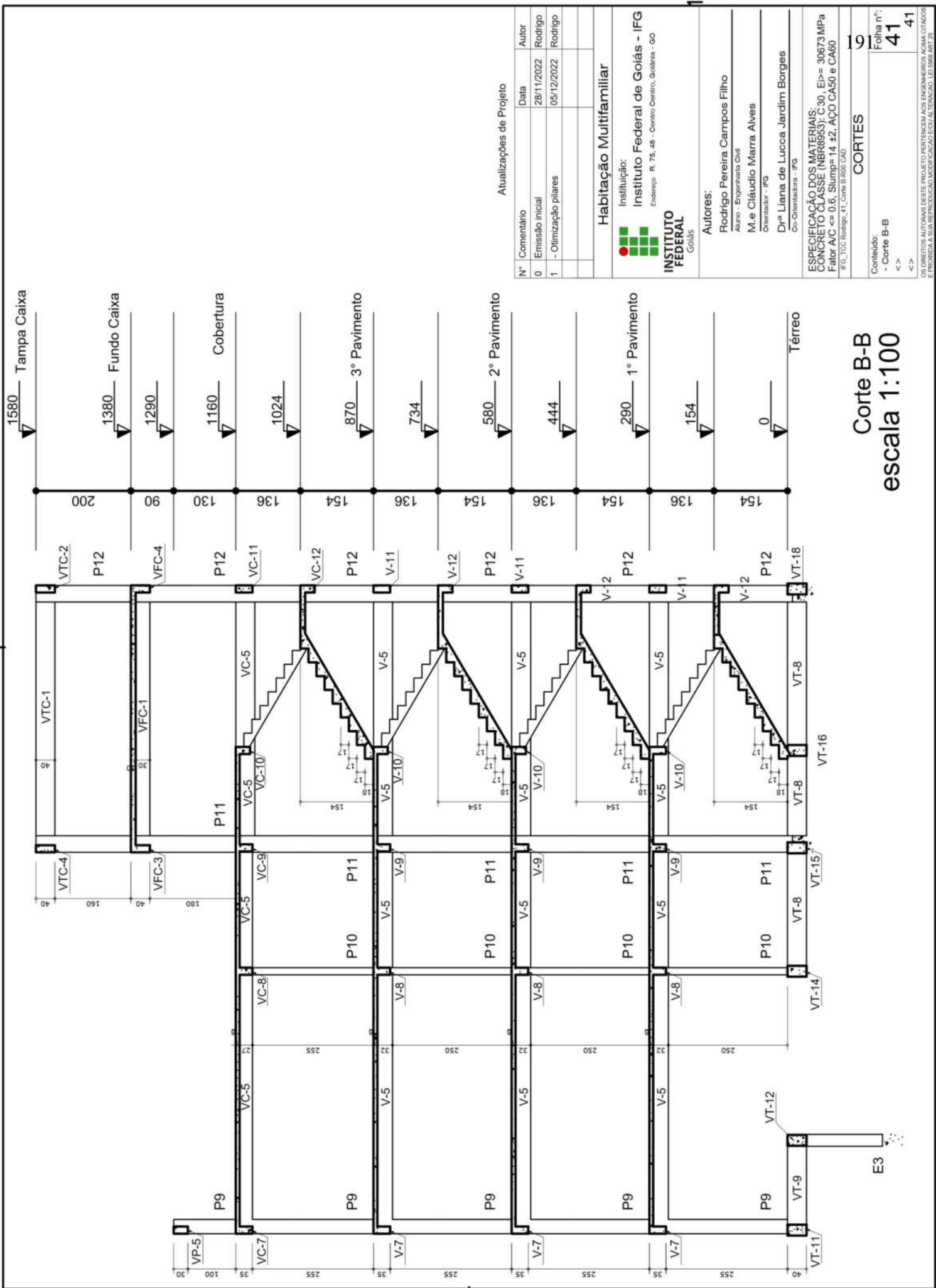
Habitação Multifamiliar

Autores:	
Rodrigo Pereira Campos Filho	
Aluno - Engenharia Civil	
M.e Cláudio Marra Alves	
Orientador - IFG	
Dr ^a Liana de Lucca Jardim Borges	
Co-Orientadora - IFG	

ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:
CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30. Eix => 30673 MPa
Fator A/C <= 0,6. Slump= 14 ±2. AÇO CA50 e CA60
 IFG, TCG Rodrigo, 40, Corte A-R00 CAD

CORTES	
Conteúdo:	190
- Corte A-A	Folha n°:
<>	40
<>	41

OS DIREITOS AUTÓGRAFOS DESTES PROJETOS PERTENCERÃO AOS ENGENHEIROS LUCAS CRACIÓO E RODRIGO PEREIRA CAMPOS FILHO. A AUTORIA É DE EXCLUSIVA PROPRIEDADE DOS AUTORES. A REPRODUÇÃO DE QUALQUER PARTE DESTES PROJETOS SEM A AUTORIZAÇÃO DOS AUTORES É PROIBIDA.



Atualizações de Projeto			
Nº	Comentário	Data	Autor
0	Emissão inicial	28/11/2022	Rodrigo
1	- Otimização pilares	05/12/2022	Rodrigo
Habitação Multifamiliar			
Instituição: Instituto Federal de Goiás - IFG Endereço: R. 75, 46 - Centro Centro, Goiânia - GO			
INSTITUTO FEDERAL GOIÁS			
Autores: Rodrigo Pereira Campos Filho Aluno - Engenharia Civil M.e Cláudio Marra Alves Orientador - IFG Drª Liana de Lucca Jardim Borges Co-Orientadora - IFG			
ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS: CONCRETO CLASSE (NBR8953): C 30, E _p = 30673 MPa Fator A/C ≤ 0,6, Slump= 14 ±2, AÇO CA50 e CA60 IFG_TCC_Rodrigo_41_Corte B-R00 CAD			
Conteúdo: - Corte B-B		CORTES	
<>		Folha nº:	
<>		41	
		41	

