

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO ENGENHARIA CIVIL

Bruno Keiji Urata Silva

**Projeto estrutural em madeira de uma residência de dois pavimentos com  
projeto arquitetônico autoral baseado em conceitos bioclimáticos**

Florianópolis

2023

Bruno Keiji Urata Silva

**Projeto estrutural em madeira de uma residência de dois pavimentos com projeto arquitetônico autoral baseado em conceitos bioclimáticos**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Tiago Morkis Siqueira

Florianópolis

2023

SILVA, Bruno Keiji Urata

Projeto estrutural em madeira de uma residência de dois pavimentos com projeto arquitetônico autoral baseado em conceitos bioclimáticos / Bruno Keiji Urata SILVA ; orientador, Tiago Morkis Siqueira, 2023.

423 p.

2. Projeto estrutural em madeira. 3. Conceitos bioclimáticos. 4. Bloco solo-cimento. 5. Telhado Verde. I. Siqueira, Tiago Morkis. II. Universidade Federal de Santa Catarina. . III. Título.



Bruno Keiji Urata Silva

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Civil

Florianópolis, 22 de junho de 2023.

Prof.<sup>a</sup> Liane Ramos da Silva, Dra.  
Coordenadora do Curso

**Banca examinadora**



Prof. Tiago Morkis Siqueira, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Poliana Dias de Moraes, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Lourenço Panosso Perlin, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rayner Maurício e Silva Machado, M.Sc.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 2023.









## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus familiares pelas oportunidades, aos meus professores da graduação pela paciência e ensinamentos, colegas de trabalho pela experiência e amigos pela camaradagem.

Agradeço o professor Tiago Morkis pela orientação, e aos professores Poliana Dias, Lourenço Perlin e Rayner Maurício por terem participado da banca examinadora do meu projeto, que além disso, forneceram ajuda e conhecimentos adicionais no decorrer do estudo.

Agradeço também à professora Ângela do Valle, que inicialmente foi a minha orientadora, porém teve que se ausentar por motivos maiores.





## RESUMO

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento dos projetos arquitetônico e estrutural de uma residência unifamiliar em dois pavimentos, de aproximadamente 70 m<sup>2</sup>, com sistema construtivo misto, situada na zona rural de Campo Belo do Sul, SC. Será utilizado o sistema pilar-viga, sendo os pilares peças roliças de madeira. As vigas, contraventamentos e mãos francesas serão peças compostas de seções retangulares. As lajes do primeiro pavimento e cobertura serão no sistema laje nervurada, possuindo a placa de concreto simplesmente apoiada em nervuras de madeira. As vedações verticais serão do tipo não estrutural com o elemento bloco solo-cimento. O projeto arquitetônico foi desenvolvido juntamente com a avaliação do desempenho térmico da edificação, com auxílio dos softwares *EnergyPlus* (2023), *EzePlus* (2023), *Sol-Ar* (2023) e *SketchUp* (2017 e 2023). O projeto estrutural foi desenvolvido usando-se o software *Ftool* (2022) para a análise estrutural e o software *Microsoft Excel* (2023), para o dimensionamento e verificação da estrutura nos estados limites último e de serviço, considerando as combinações de carregamento de longa duração. A junção das técnicas adotadas se mostrou viável e como resultado do trabalho, foram elaboradas pranchas com os desenhos do projeto estrutural.

**Palavras-chave:** estrutura de madeira; sistema pilar-viga; laje nervurada; conceitos bioclimáticos; desempenho térmico de edifícios; blocos de solo-cimento; tijolos ecológicos; telhado verde; sustentabilidade; eucalipto.

## ABSTRACT

The objective of this work is the development of the architectural and structural projects of a single-family residence on two floors, of approximately 70 m<sup>2</sup>, with a mixed construction system, located in the rural area of Campo Belo do Sul, SC. The pillar-beam system will be used, with the pillars being round pieces of wood. The beams and braces will be pieces composed of rectangular sections. The slabs on the first floor and roof will be in the two-way ribbed slab system, with the concrete slab simply supported on wooden ribs. The walls will be of the non-structural type with the soil-cement block element. The architectural project was developed together with the evaluation of the thermal performance of the building, with the help of the software *EnergyPlus* (2023), *EzePlus* (2023), *Sol-Ar* (2023) and *SketchUp* (2017 and 2023). The structural design was developed using the *Ftool* (2022) software for structural analysis and the *Microsoft Excel* (2023) software for designing and verifying the structure in the ultimate and serviceability limit states, considering long-term load combinations. The combination of the adopted techniques proved to be viable and as a result of the work, plans were prepared with the structural design drawings.

**Keywords:** wooden structure; column-beam system; two-way ribbed slab system; bioclimatic concepts; thermal performance of buildings; soil-cement blocks; ecological bricks; green roof; sustainability; eucalyptus.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Temperaturas superficiais da cobertura internas entre 3 (três) tipos de cobertura, numa janela de tempo.....	47
Figura 2 – Croquis da edificação de múltiplas perspectivas.....	51
Figura 3 - Estado de Santa Catarina destacado em linhas vermelhas, com três locais destacados, Florianópolis, Lages e o terreno em análise. ....	53
Figura 4 – Três imagens aéreas com diferentes escalas e em seguida, duas fotografias do local, com diferentes perspectivas, com seus pontos de observação destacados somente na primeira imagem aérea.....	54
Figura 5 – Comparativos entre as cidades Florianópolis e Lages nos quesitos Temperatura de Bulbo Seco, Cobrimento por Nuvens, Radiação Solar (direta e difusa) e Rosa dos Ventos, respectivamente.....	55
Figura 6 – Carta Solar de Florianópolis.....	58
Figura 7 – Simulação da influência dos raios solares na edificação para determinada época do ano e horário do dia, mais especificamente final de julho, às 15h.....	59
Figura 8 – Simulação da influência dos raios solares na edificação para determinada época do ano e horário do dia, mais especificamente final de dezembro, às 15h. ...	60
Figura 9 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (janeiro a junho, às 10h).....	62
Figura 10 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (julho a dezembro, às 10h).....	63
Figura 11 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (janeiro a junho, às 15h).....	64
Figura 12 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (julho a dezembro, às 15h).....	65
Figura 13 – Simulação da influência do sol na edificação, aproximadamente às 13h, no final do mês de junho. ....	67
Figura 14 – Esquema ilustrando os ângulos $\alpha$ e $\gamma$ em uma janela.....	68
Figura 15 - Croqui genérico de um sombreamento típico, demonstrando como é feita as medições de angulações.....	68
Figura 16 – Representações esquemáticas das aberturas da fachada norte, com suas cartas solares e seus respectivos sombreamentos.....	69
Figura 17 – Imagem de um toldo retrátil.....	70

Figura 18 - Esquema ilustrando os ângulos $\alpha$ , $\gamma$ e $\beta$ em uma porta.....	71
Figura 19 - Simulação da influência do sol na fachada leste, aproximadamente às 10h, no início do mês de maio.....	72
Figura 20 – Representações esquemáticas das aberturas da fachada leste, com suas cartas solares e seus respectivos sombreamentos.....	73
Figura 21 – Carta solar de Florianópolis, na metade mais quente do ano (janeiro a junho). .....	74
Figura 22 – Carta solar de Florianópolis, na metade mais fria do ano (junho a dezembro). .....	74
Figura 23 – Janela do tipo Camarão, em madeira. ....	75
Figura 24 – Janela do tipo Quatro Folhas, duas de vidro e duas venezianas. ....	76
Figura 25 Influência do sol no ambiente interno (janeiro a abril) .....	78
Figura 26 – Influência do sol no ambiente interno (maio a agosto) .....	79
Figura 27 – Influência do sol nos ambientes internos (setembro a dezembro) .....	80
Figura 28 - Modelo para simulação térmica .....	81
Figura 29 - Perspectiva do elemento isolado. ....	83
Figura 30 - Resistência total Upper .....	85
Figura 31 - Resistência total Lower .....	85
Figura 32 - Inserção das camadas e suas características no <i>software EnergyPlus</i> ..	86
Figura 33 - Inserção de dados do telhado verde .....	86
Figura 34 - Camadas do telhado verde. ....	87
Figura 35 - Localizações com informações climáticas disponíveis.....	88
Figura 36 - Absortância Solar (%) .....	89
Figura 37 - Laje pré moldada com EPS com 12 cm de espessura total.....	90
Figura 38 - Vidro comum 6 mm de espessura.....	90
Figura 39 – EzePlus, com dados do modelo de referência, .....	91
Figura 40 – Perspectivas da edificação com foco na estrutura e vedação.....	98
Figura 41 - Perspectivas da estrutura da edificação com foco na estrutura.....	99
Figura 42 – Arranjos estruturais 01 e 02, respectivamente. ....	100
Figura 43 – Fachadas Leste e Norte, com suas dimensões verticais aproximadas. ....	105
Figura 44 – Imagem ilustrativa das camadas do telhado verde. ....	109
Figura 45 – Duas imagens do telhado verde, de maneira isolada da edificação. ...	110

Figura 46 – Mapa de Isopletas do território brasileiro. ....	113
Figura 47 – Fotografia do local.....	114
Figura 48 – Ventos com angulação 0°.....	117
Figura 49 – Esquema da laje nervurada utilizada nesse estudo .....	133
Figura 50 - Estrutura de madeira do arranjo estrutural 01, com diferentes cores para cada grupo estrutural de elementos. ....	134
Figura 51 – Arranjo estrutural 01 da laje cobertura .....	135
Figura 52 – Arranjo Estrutural 01 da laje primeiro pavimento .....	136
Figura 53 – Processo inicial de dimensionamento de .....	137
Figura 54 - Imagem que indica os nove tipos de laje baseado nos seus apoios e suas possíveis combinações entre as 4 faces.....	140
Figura 55 – Diâmetro equivalente .....	148
Figura 56 – Denominações dos Eixos Ortogonais .....	153
Figura 57 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias da cobertura.....	169
Figura 58 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias da cobertura ..	171
Figura 59 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste (1/2).....	173
Figura 60 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste (2/2) .....	174
Figura 61 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento norte (1/2).....	176
Figura 62 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento norte (2/2).....	177
Figura 63 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 do arranjo estrutural 01 .....	186
Figura 64 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento oeste.....	188
Figura 65 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento oeste.....	189
Figura 66 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento oeste.....	190
Figura 67 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento oeste.....	191
Figura 68 – Esquema da solução adotada pelo autor .....	193
Figura 69 – Croqui do sistema viga vagonada com mãos francesas .....	194
Figura 70 – Croqui da estrutura com as alterações impostas, .....	198
Figura 71 - Ligação oculta sem furos .....	201
Figura 72 - Rosca metálica autoperfurante SBD .....	202
Figura 73 - Estribos metálicos com asas internas .....	202
Figura 74 – Informações técnicas do estribo metálico com asa interna .....	203



Figura 75 – Esquema do suporte de maneira inclinada transversalmente.....	203
Figura 76 - Informações técnicas da ligação oculta .....	204
Figura 77 - Informações técnicas da ligação oculta .....	205
Figura 78 – Exemplos de uso.....	205
Figura 79 – Imagem ilustrativa de uma conexão pilar-viga. ....	210
Figura 80 – Ilustração de quatro das seis conexões pilar-viga presentes na estrutura, com seções de viga com 5 e 10 cm de largura. Unidades em metro. ....	210
Figura 81 - Ilustração de duas das seis conexões pilar-viga presentes na estrutura, com vigas com 15 cm de largura. Unidades em metro. ....	211
Figura 82 - Transferência de cargas .....	219
Figura 83 – Contraventamentos intituladas nas planilhas .....	220
Figura 84 – Esquema de uma ligação pilar viga utilizando entalhes .....	222
Figura 85 – Fator X .....	223
Figura 86 - Fator X .....	223
Figura 87 – Disposição dos elementos da viga na região da ligação metálica .....	239
Figura 88 - Disposição dos elementos da viga na região da ligação metálica .....	240
Figura 89 – Ligação de elementos de madeira com parafusos passantes com porca e arruelas. ....	242
Figura 90 – Ligação de elementos de madeira e aço com parafusos passantes ....	242
Figura 91 - Espaçamentos e distâncias mínimas para ligações.....	244
Figura 92 - Camisa metálica com parafusos passantes.....	249
Figura 93 – Compatibilização das vigas inclinadas e horizontais.....	251
Figura 94 – Incompatibilização da viga inclinada da escada com.....	252
Figura 95 - Visão inicial de como seria o cruzamento entre as duas vigas .....	253
Figura 96 - Esquema e análise estruturais devido compatibilização da escada considerando vento norte.....	254
Figura 97 - Esquema e análise estruturais devido compatibilização da escada considerando vento sul .....	255
Figura 98 – Erro achado na compatibilização nas mãos francesas e .....	257
Figura 99 – Incompatibilidade entre vigas e mãos francesas.....	257
Figura 100 - Incompatibilidade na mãos francesas que se cruzam.....	258
Figura 101 – Simbologia com alterações devido inclinação .....	259
Figura 102 Exemplo de como serão feitos os ajustes estéticos da estrutura.....	260

Figura 103 - Estrutura final sem as compatibilizações. ....	261
Figura 104 - Porta pilar Rothoblaas.....	262
Figura 105 - Dimensões do porta-pilar do modelo 160x160. Unidade em mm. ....	262
Figura 106 - Bloco solo-cimento.....	275
Figura 107 - Dimensões usadas dos blocos de solo cimento .....	277
Figura 108 - Trecho de uma planta genérica de 1ª fiada.....	278
Figura 109 - Planta de 1ª fiada do projeto do térreo.....	278
Figura 110 - Planta genérica de grautes e aberturas. ....	279
Figura 111 - Planta das paredes com foco na independência das mesmas. ....	279
Figura 112 - Planta de grautes e aberturas.....	280
Figura 113 - Instruções do bloco de solo cimento 01 .....	281
Figura 114 - Instruções do bloco de solo cimento 02 .....	282
Figura 115 - Instruções do bloco de solo cimento 03.....	283
Figura 116 - Instruções do bloco de solo cimento 04 .....	284
Figura 117 - Instruções do bloco de solo cimento 05.....	285
Figura 118 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias da cobertura (ELU) .....	287
Figura 119 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias da cobertura (ELU).....	288
Figura 120 - Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que recebem carga adicional (ELU).....	289
Figura 121 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias do 2º pavimento (ELU).....	290
Figura 122 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias sem cargas adicionais (ELU).....	291
Figura 123 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias presentes nos recortes da escada (ELU).....	292
Figura 124 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que possuem carga concentrada (ELU) .....	293
Figura 125 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias tipo especial 02 (ELU).....	294
Figura 126 – Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias (ELU) .....	295

Figura 127 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias (ELU)	296
Figura 128 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundária tipo especial 01 (ELU)	297
Figura 129 – Esquema e análises estruturais da viga secundária que “recebe” ‘Especial 01’ (ELU)	298
Figura 130 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias (ELU)	299
Figura 131 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas curtas. (ELU)	300
Figura 132 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas na direção norte-sul (ELU)	301
Figura 133 – Esquema e análises estruturais da escada, analisada de maneira isolada (ELU)	302
Figura 134 – Esquema e análises estruturais das vigas da varanda (ELU)	303
Figura 135 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos da cobertura para facilitar transferência de dados	305
Figura 136 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos do 2º pavimento para facilitar transferência de dados	306
Figura 137 – Esquema de forças da viga a ser dimensionada	309
Figura 138 - Esquema de forças da viga ser dimensionada	311
Figura 139 – Esquema de forças da viga a ser dimensionada	312
Figura 140 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste 01 (ELU)	314
Figura 141 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste 02 (ELU)	315
Figura 142 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Oeste 01 (ELU)	316
Figura 143 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Oeste 02 (ELU)	317
Figura 144 – Esquema estrutural do pórtico P7 P8 P9 com vento Leste 01 (ELU)	318
Figura 145 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Leste 02 (ELU)	319
Figura 146 – Esquema estrutural do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste 01 (ELU)	320

Figura 147 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste 02 (ELU) .....	321
Figura 148 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Leste 01 (ELU) .....	322
Figura 149 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Leste 02 (ELU) .....	323
Figura 150 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Oeste 01 (ELU) .....	324
Figura 151 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Oeste 02 (ELU) .....	325
Figura 152 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Leste 01 (ELU) .....	326
Figura 153 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Leste 02 (ELU) .....	327
Figura 154 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Oeste 01 (ELU) .....	328
Figura 155 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Oeste 02 (ELU) .....	329
Figura 156 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos da laje cobertura. ....	330
Figura 157 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos do 2º pavimento. ....	331
Figura 158 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento norte 01 (ELU) .....	332
Figura 159 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento norte 02 (ELU) .....	333
Figura 160 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento sul 01 (ELU) .....	334
Figura 161 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento sul 02 (ELU) .....	335
Figura 162 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento norte 01 (ELU) .....	336
Figura 163 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Oeste com vento norte 02 (ELU) .....	337
Figura 164 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento sul 01 (ELU) .....	338
Figura 165 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Oeste com Vento Sul 02 (ELU) .....	339
Figura 166 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias da cobertura.....	361
Figura 167 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias da cobertura	363

Figura 168 - Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que recebem carga adicional .....	364
Figura 169 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias do 2º pavimento. ....	366
Figura 170 - Destaque à viga que recebe um carregamento interrompido .....	367
Figura 171 – Esquema e análises estruturais da viga terciária com carga interrompida .....	368
Figura 172 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias sem cargas adicionais .....	369
Figura 173 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias presentes nos recortes da escada.....	370
Figura 174 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que possuem carga concentrada.....	371
Figura 175 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias tipo especial 02 .....	372
Figura 176 – Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias .....	373
Figura 177 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias.....	374
Figura 178 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundária tipo especial 01 .....	375
Figura 179 – Esquema e análises estruturais da viga secundária que “recebe” ‘Especial 01’ .....	376
Figura 180 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias .....	377
Figura 181 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas curtas. ....	378
Figura 182 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas na direção norte-sul .....	379
Figura 183 – Esquema e análises estruturais da escada, analisada de maneira isolada .....	380
Figura 184 – Esquema e análises estruturais das vigas da varanda .....	382
Figura 185 – Sistema criado para facilitar transferência de dados.....	384
Figura 186 – Sistema criado para facilitar transferência de dados.....	385
Figura 187 – Esquema de forças da viga a ser dimensionada.....	388
Figura 188 - Esquema de forças da viga ser dimensionada .....	390
Figura 189 – Esquema de forças da viga a ser dimensionada.....	392

Figura 190 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Leste versão 2.0 01 (ELS)	394
Figura 191 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)	395
Figura 192 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)	396
Figura 193 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)	397
Figura 194 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste versão 2.0 01 (ELS)	398
Figura 195 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)	399
Figura 196 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)	400
Figura 197 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)	401
Figura 198 – Esquema estrutural do pórtico P7 P8 P9 com leste Oeste versão 2.0 01 (ELS)	402
Figura 199 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)	403
Figura 200 – Esquema estrutural do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)	404
Figura 201 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)	405
Figura 202 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Leste versão 2.0 01 (ELS)	406
Figura 203 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)	407
Figura 204 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)	408
Figura 205 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)	409

Figura 206 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento Norte versão 2.0 01 (ELS) .....	411
Figura 207 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento Norte versão 2.0 02 (ELS).....	412
Figura 208 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento Sul versão 2.0 01 (ELS) .....	413
Figura 209 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento Sul versão 2.0 02 (ELS) .....	414
Figura 210 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento Norte versão 2.0 01 (ELS) .....	415
Figura 211 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento Norte versão 2.0 02 (ELS) .....	416
Figura 212 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento Sul versão 2.0 01 ...	417
Figura 213 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Oeste com vento Sul versão 2.0 02.....	418

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados geográficos de Florianópolis e Lages.....	52
Tabela 2 – Resultados da Análise Térmica.....	93
Tabela 3 - Critérios para classificação de nível de desempenho o mínimo.....	95
Tabela 4 - Comparação dos resultados entre referência e simulação .....	96
Tabela 5 – Peso específico de materiais relevantes ao estudo.....	102
Tabela 6 – Peso por área de elementos relevantes ao estudo. ....	103
Tabela 7 – Carga distribuída de uma parede de bloco solo-cimento. ....	104
Tabela 8 – Carga distribuída de uma parede de bloco estrutural.....	105
Tabela 9 – Carga distribuída de uma parede de bloco estrutural,.....	106
Tabela 10 – Carga distribuída das estruturas de madeira.....	106
Tabela 11 – Cargas devido às estruturas de madeira.....	107
Tabela 12 – Carga devido a laje de concreto de 5 cm de espessura.....	108
Tabela 13 – Cargas totais de cada laje. ....	108
Tabela 14 – Cargas dos elementos do telhado verde. ....	108
Tabela 15 – Cargas variáveis presentes na edificação. ....	111
Tabela 16 – Cargas distribuídas horizontais. ....	112
Tabela 17 – Fator $S_2$ .....	115
Tabela 18 – Valores mínimos do fator estatístico $S_3$ .....	116
Tabela 19 – Fator C .....	117
Tabela 20 – Determinação da carga distribuída nas fachadas afetadas por ventos com angulação $0^\circ$ . ....	118
Tabela 21 – Determinação da carga distribuída nas fachadas afetadas por ventos com angulação $90^\circ$ . ....	118
Tabela 22 – Fator C para coberturas .....	119
Tabela 23 – Planilha de cálculos para determinação da força do vento vertical .....	120
Tabela 24 – Coeficiente de ponderação $\gamma_G$ . ....	121
Tabela 25 – Coeficiente de ponderação $\gamma_Q$ . ....	121
Tabela 26 – Fatores de combinação e redução. ....	122
Tabela 27 – Cargas presentes na edificação. ....	123
Tabela 28 – Estado limite último normal para cobertura .....	125
Tabela 29 – Estado limite último normal para 1º pavimento.....	126



Tabela 30 – Estado limite último normal para varanda .....	126
Tabela 31 – Estado limite último especial para cobertura .....	127
Tabela 32 – Estado limite último normal para cobertura considerando a força especial como uma ação variável comum.....	128
Tabela 33 – Estado limite de serviço para cobertura .....	129
Tabela 34 – Estado limite de serviço para 2º pavimento.....	129
Tabela 35 – Estado limite de serviço para varanda.....	129
Tabela 36 – Área mínima .....	130
Tabela 37 - Tela soldada padrão de 2 x 3 m - CA 60.....	131
Tabela 38 - Malhas Pop .....	132
Tabela 39 – Tipo de Armação .....	138
Tabela 40 – Determinação de $\alpha$ , $k_x$ e $k_y$ .....	141
Tabela 41 – Reações de Apoio considerando.....	142
Tabela 42 - Reações de Apoio considerando a Combinação ELU* .....	143
Tabela 43 – Umidade .....	144
Tabela 44 – Valores de $\alpha_n$ .....	147
Tabela 45 – Resumo dos valores necessários para o dimensionamento. N.....	151
Tabela 46 – Valores dos coeficiente $KE$ .....	160
Tabela 47 – Esbeltez relativa de seções retangulares .....	162
Tabela 48 – Esbeltez de seções circulares do .....	163
Tabela 49 – Esbeltez de seções circulares do .....	163
Tabela 50 – Esbeltez do Pilar P2 .....	164
Tabela 51 – Coeficiente de correção $\beta_M$ para $\gamma_f = 1,4$ e $\beta_E = 4$ .....	165
Tabela 52 – Compressão Perpendicular às Fibras e Flexão Simples Reta .....	179
Tabela 53 - Flexotração .....	180
Tabela 54 – Cargas nos Pilares .....	181
Tabela 55 – Compressão Paralela às Fibras nos Pilares.....	182
Tabela 56 – Flexocompressão nos pilares.....	183
Tabela 57 - Esquema de forças na viga a ser dimensionada.....	195
Tabela 58 - Semelhança de triângulos.....	196
Tabela 59 – Cargas para cada tipo de combinação .....	199
Tabela 60 – Cargas a serem consideradas em cada análise.....	199
Tabela 61 – Resistência à esforços cortantes.....	207

Tabela 62 – Resistências à esforços de tração .....	207
Tabela 63 - Resistências à esforços laterais .....	207
Tabela 64 – Vigas e suas respectivas dimensões e esforços atuantes. ....	208
Tabela 65 – Taxa de solicitação/resistência à cortante do suporte da viga .....	209
Tabela 66 – Fator X.....	211
Tabela 67 – Determinação de tensão contida no entalhe e quanto será necessário ser contido pela ligação metálica .....	213
Tabela 68 - Taxa de solicitação/resistência à cortante do suporte da viga considerando os entalhes. ....	215
Tabela 69 - Taxa de solicitação/resistência à tração do suporte da viga. ....	217
Tabela 70 - Tabelas referentes a tração e cortante postas lado a lado.....	218
Tabela 71. Cargas existentes nas ligações .....	220
Tabela 72 – Taxa Solicitação/Resistência em relação ao esforço cortante. ....	221
Tabela 73 – Tensão excedente após inserir entalhe em solicitação inclinada .....	224
Tabela 74 – Taxa Solicitação/Resistência à esforços cortantes considerando entalhes nas solicitações inclinadas .....	226
Tabela 75 – Tabela de taxa solicitação/resistência relacionada à tração.....	227
Tabela 76 – Tabelas relativas à tração e cortantes lado a lado, a fim de se determinar quais ligações utilizar. ....	229
Tabela 77 – Esforços solicitantes das vigas terciárias relativas à cortante horizontal e lateral .....	231
Tabela 78 – Tabela de organização e contagem das ligações metálicas presentes nas vigas horizontais.....	233
Tabela 79 - Tabela de organização e contagem das ligações metálicas presentes nas vigas inclinadas .....	234
Tabela 80 - Tabela de organização e contagem das ligações metálicas presentes nas vigas inclinadas transversalmente.....	235
Tabela 81 – Quantitativo final de cada tipo de ligação metálica.....	235
Tabela 82 - Espaçamentos e distâncias mínimas para ligações com pinos metálicos .....	243
Tabela 83 - Espaçamentos mínimos para parafusos passantes. ....	245
Tabela 84 - Planilha de cálculos para parafusos passantes de comprimento de 15 cm .....	248

Tabela 85 - Planilha de cálculos para parafusos passantes de comprimento de 20 cm .....	248
Tabela 86 - Resistência característica dos porta-pilares .....	263
Tabela 87 - Esforços normais nos pilares .....	264
Tabela 88 - Quantitativo de elementos de madeira da cobertura.....	265
Tabela 89 - Quantitativo de elementos de madeira do 1º pavimento .....	266
Tabela 90 - Quantitativo de elementos de madeira de tamanhos específicos .....	267
Tabela 91 - Quantitativo de elementos de madeira total .....	267
Tabela 92 - Informações básicas do elemento.....	275
Tabela 93 - Planilha de contas da resistência total upper .....	276
Tabela 94 - Planilha de contas da resistência total lower.....	276
Tabela 95 - Resistência total, transmitância e capacidade térmica.....	276
Tabela 96 - Esquema de forças na viga a ser dimensionada.....	307
Tabela 97 - Semelhança de triângulos.....	308
Tabela 98 – Planilha referente às vigas da cobertura (ELU) .....	340
Tabela 99 – Planilha referente às vigas do 2º pavimento (ELU) .....	341
Tabela 100 – Compressão e Tração Paralela às Fibras (ELU).....	342
Tabela 101 – Compressão Perpendicular às Fibras e Flexão Simples Reta (ELU) .....	343
Tabela 102 – Flexão Simples Oblíqua (ELU) .....	344
Tabela 103 - Flexotração (ELU) .....	345
Tabela 104 – Flexocompressão e Cisalhamento Longitudinal em vigas (ELU) .....	346
Tabela 105 – Estabilidade Lateral (ELU).....	347
Tabela 106 – Deslocamentos Máximos (ELU) .....	348
Tabela 107 – Dados - Compressão Paralela às Fibras do 2º Pavimento (ELU) .....	351
Tabela 108 – Tração Paralela às Fibras do 2º Pavimento (ELU) .....	352
Tabela 109 – Compressão Perpendicular às Fibras do 2º Pavimento (ELU) .....	353
Tabela 110 – Flexão Simples Reta do 2º Pavimento (ELU) .....	354
Tabela 111 – Flexão Simples Oblíqua do 2º Pavimento (ELU) .....	355
Tabela 112 – Flexotração do 2º Pavimento 01 (ELU) .....	356
Tabela 113 – Flexocompressão do 2º Pavimento (ELU).....	357
Tabela 114 – Cisalhamento Longitudinal em Vigas do 2º Pavimento (ELU) .....	358
Tabela 115 – Estabilidade Lateral do 2º Pavimento (ELU).....	359
Tabela 116 – Deslocamentos Máximos do 2º Pavimento (ELU) .....	360

Tabela 117 - Esquema de forças na viga a ser dimensionada.....	386
Tabela 118 - Semelhança de triângulos.....	387
Tabela 119 – Deslocamentos máximos das vigas da cobertura .....	421
Tabela 120 – Delocamentos máximos das vigas do 2º pavimento .....	423

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>36</b>
1.1	CONTEXTO DO TRABALHO.....	36
1.2	JUSTIFICATIVA.....	38
1.3	OBJETIVOS.....	39
1.4	METODOLOGIA.....	39
1.5	DELIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	40
1.6	ORGANIZAÇÃO DO TEXTO.....	41
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>44</b>
2.1	PROJETO ARQUITETÔNICO.....	44
2.2	DESEMPENHO TÉRMICO.....	45
2.3	BLOCOS DE SOLO-CIMENTO.....	46
2.4	TELHADO VEGETADO.....	46
2.5	PROJETO ESTRUTURAL.....	48
<b>3</b>	<b>PROJETO ARQUITETÔNICO E SIMULAÇÃO TÉRMICA.....</b>	<b>48</b>
3.1	PROJETO ARQUITETÔNICO BASEADO EM CONCEITOS BIOCLIMÁTICOS.....	48
3.1.1	INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS DE LAGES E FLORIANÓPOLIS.....	52
3.1.2	SOMBREAMENTO.....	60
3.1.3	VENTILAÇÃO NATURAL.....	75
3.1.4	VEDAÇÕES HORIZONTAL E VERTICAL.....	76
3.1.5	SISTEMAS COMPLEMENTARES.....	77
3.1.6	SIMULAÇÃO TÉRMICA.....	81
<b>4</b>	<b>PROJETO ESTRUTURAL.....</b>	<b>96</b>
4.1	CONCEPÇÃO ESTRUTURAL.....	96
4.2	LEVANTAMENTO DE CARGAS.....	101
4.2.1	<b>Peso específico dos materiais de construção.....</b>	<b>102</b>
4.2.2	<b>Peso de componentes construtivos.....</b>	<b>102</b>
4.2.3	<b>Ações variáveis.....</b>	<b>110</b>
4.2.4	<b>Forças horizontais variáveis.....</b>	<b>111</b>
4.2.5	<b>Forças causadas pelo vento.....</b>	<b>112</b>
4.2.6	<b>Coeficientes de Ponderação para as Ações Permanentes.....</b>	<b>121</b>

4.2.7	<b>Coeficientes de Ponderação para as Ações Variáveis .....</b>	<b>121</b>
4.2.8	<b>Fatores de Combinação e de Redução .....</b>	<b>122</b>
4.2.9	<b>Levantamento de Cargas .....</b>	<b>122</b>
4.3	COMBINAÇÕES .....	125
4.3.1	<b>Combinações Últimas Normais .....</b>	<b>125</b>
4.4	DIMENSIONAMENTO DAS LAJES DE CONCRETO SIMPLEMENTE APOIADAS EM NERVURAS BIDIRECIONAIS EM MADEIRA.....	130
4.4.1	<b>Vãos Efetivos.....</b>	<b>137</b>
4.4.2	<b>Classificação das Lajes quanto à Direção.....</b>	<b>138</b>
4.4.3	<b>Condições de Apoio .....</b>	<b>139</b>
4.4.4	<b>Obtenção das Reações de Apoio - Método do Regime de Ruptura ...</b>	<b>139</b>
4.5	DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE MADEIRA .....	143
4.5.1	<b>Propriedades mecânicas da madeira .....</b>	<b>143</b>
4.6	DIMENSIONAMENTO DE BARRAS NA COMBINAÇÃO ELU.....	153
4.6.1	<b>Generalidades .....</b>	<b>153</b>
4.6.2	<b>Tração .....</b>	<b>153</b>
4.6.3	<b>Compressão .....</b>	<b>153</b>
4.6.4	<b>Flexão Simples Reta .....</b>	<b>154</b>
4.6.5	<b>Flexão Simples Oblíqua.....</b>	<b>155</b>
4.6.6	<b>Flexotração .....</b>	<b>156</b>
4.6.7	<b>Flexocompressão.....</b>	<b>156</b>
4.6.8	<b>Cisalhamento.....</b>	<b>157</b>
4.6.9	<b>Estabilidade .....</b>	<b>158</b>
4.6.10	<b>Dimensionamento - ELU para barras .....</b>	<b>165</b>
4.7	LIGAÇÕES METÁLICAS .....	199
4.7.1	<b>Modelos utilizados no projeto.....</b>	<b>199</b>
4.7.2	<b>Ligações metálicas nas conexões perpendiculares .....</b>	<b>207</b>
4.7.3	<b>Ligações metálicas nas conexões com vigas inclinadas.....</b>	<b>219</b>
4.7.4	<b>Conexões singulares .....</b>	<b>241</b>
4.8	COMPATIBILIZAÇÃO .....	250
4.8.1	<b>Correção da escada .....</b>	<b>253</b>
4.8.2	<b>Contato entre elementos diferentes .....</b>	<b>256</b>
4.8.3	<b>Compatibilização Estética .....</b>	<b>259</b>

4.9	PILARES.....	261
4.10	QUANTITATIVO DE PEÇAS DE MADEIRA .....	264
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>268</b>
5.1	CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS ...	269
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>272</b>
<b>7</b>	<b>APÊNDICE A - BLOCO SOLO-CIMENTO – TRANSMITÂNCIA E CAPACIDADE TÉRMICA .....</b>	<b>275</b>
<b>8</b>	<b>APENDICE B – ALROMA BLOCOS ECOLÓGICOS.....</b>	<b>277</b>
<b>9</b>	<b>APENDICE C - ANÁLISES ESTRUTURAIS NA CONFIGURAÇÃO 02 NA COMBINAÇÃO ELU*.....</b>	<b>286</b>
9.1	ANÁLISES DAS VIGAS ISOLADAS .....	286
9.1.1	<b>Cobertura – Vigas Terciárias (ELU).....</b>	<b>286</b>
9.1.2	<b>Cobertura - Vigas Secundárias sem carga adicional (ELU) .....</b>	<b>288</b>
9.1.3	<b>Cobertura – Vigas Secundárias que recebem carga adicional da claraboia (ELU).....</b>	<b>289</b>
9.1.4	<b>Segundo Pavimento - Vigas Terciárias (ELU).....</b>	<b>290</b>
9.1.5	<b>Segundo Pavimento – Vigas Secundárias sem cargas adicionais (ELU) 291</b>	
9.1.6	<b>Segundo Pavimento – Vigas Secundárias “Recorte da Escada” (ELU) 292</b>	
9.1.7	<b>Segundo Pavimento – Vigas Secundárias que cruzam com a parede do banheiro (ELU).....</b>	<b>293</b>
9.1.8	<b>Segundo Pavimento – Vigas Secundárias Tipo Especial 02 (ELU) ....</b>	<b>294</b>
9.1.9	<b>Segundo Pavimento – Viga Secundária 15x15 (Esquerda) (ELU).....</b>	<b>295</b>
9.1.10	<b>Segundo Pavimento - Vigas Secundárias 15x15 (Direita) (ELU).....</b>	<b>296</b>
9.1.11	<b>Segundo Pavimento – Viga Secundária Especial Tipo 01 (ELU) .....</b>	<b>297</b>
9.1.12	<b>Segundo Pavimento – Viga Secundária que recebe ‘Especial 01’ (ELU) 298</b>	
9.1.13	<b>Segundo Pavimento – Viga Secundária Curta (ELU).....</b>	<b>299</b>
9.1.14	<b>Segundo Pavimento - Vigas Primárias Internas “Escada” (ELU) .....</b>	<b>300</b>
9.1.15	<b>Segundo Pavimento – Vigas Primárias Internas “Aprox. 2,5m” (ELU) 301</b>	
9.1.16	<b>Escada analisada isoladamente (ELU).....</b>	<b>302</b>

9.1.17	<b>Segundo Pavimento – Varandas (ELU)</b> .....	<b>303</b>
9.1.18	<b>Processo de Análise das vigas isoladas</b> .....	<b>304</b>
9.2	<b>ANÁLISE DAS VIGAS VAGONADAS (ELU)</b> .....	<b>307</b>
9.2.1	<b>Viga vagonada P4 P5 da cobertura</b> .....	<b>307</b>
9.2.2	<b>Viga vagonada P4 P5 do segundo pavimento</b> .....	<b>309</b>
9.2.3	<b>Viga vagonada P7 P8 da cobertura</b> .....	<b>310</b>
9.2.4	<b>Viga vagonada P7 P8 do segundo pavimento</b> .....	<b>312</b>
9.3	<b>ANÁLISES DOS PÓRTICOS CONTIDOS NA DIREÇÃO LESTE-OESTE</b>	<b>314</b>
9.3.1	<b>Pórtico P4 P5 P6 com Vento Leste (ELU)</b> .....	<b>314</b>
9.3.2	<b>Fachada P4 P5 P6 com Vento Oeste (ELU)</b> .....	<b>316</b>
9.3.3	<b>Fachada P7 P8 P9 com Vento Leste (ELU)</b> .....	<b>318</b>
9.3.4	<b>Fachada P7 P8 P9 com Vento Oeste (ELU)</b> .....	<b>320</b>
9.3.5	<b>Fachada Sul com Vento Leste (ELU)</b> .....	<b>322</b>
9.3.6	<b>Fachada Sul com Vento Oeste (ELU)</b> .....	<b>324</b>
9.3.7	<b>Fachada Norte com Vento Leste (ELU)</b> .....	<b>326</b>
9.3.8	<b>Fachada Norte com Vento Oeste (ELU)</b> .....	<b>328</b>
9.4	<b>ANÁLISES DOS PÓRTICOS CONTIDOS NA DIREÇÃO NORTE-SUL</b> ...	<b>330</b>
9.4.1	<b>Processo de Análise das Fachadas com direção Leste-Oeste (ELU)</b>	<b>330</b>
9.4.2	<b>Fachada Leste com Vento Norte (ELU)</b> .....	<b>332</b>
9.4.3	<b>Fachada Leste com Vento Sul (ELU)</b> .....	<b>334</b>
9.4.4	<b>Fachada Oeste com Vento Norte (ELU)</b> .....	<b>336</b>
9.4.5	<b>Fachada Oeste com Vento Sul (ELU)</b> .....	<b>338</b>
10	<b>APENDICE D – VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS NA CONFIGURAÇÃO 02</b>	
	<b>NA COMBINAÇÃO ELU*</b> .....	<b>340</b>
10.1	<b>VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS DAS VIGAS (ELU)</b> .....	<b>340</b>
10.1.1	<b>Planilha – Cobertura – Compressão Paralela às Fibras – Tração Paralela às Fibras (ELU)</b> .....	<b>342</b>
10.1.2	<b>Planilha – Cobertura – Compressão Perpendicular às Fibras - Flexão Simples Reta (ELU)</b> .....	<b>343</b>
10.1.3	<b>Planilha – Cobertura – Flexão Simples Oblíqua (5° no sentido sul norte) (ELU)</b>	<b>344</b>
10.1.4	<b>Planilha – Cobertura – Flexotração (ELU)</b> .....	<b>345</b>



10.1.5	Planilha – Cobertura – Flexocompressão – Cisalhamento Longitudinal em Vigas (ELU).....	346
10.1.6	Planilha – Cobertura – Estabilidade Lateral (ELU).....	347
10.1.7	Planilha – Cobertura – Deslocamentos Máximos (ELU).....	348
10.1.8	Planilha – 2º Pavimento – Dados - Compressão Paralela às Fibras (ELU) 351	
10.1.9	Planilha – 2º Pavimento – Tração Paralela às Fibras (ELU).....	352
10.1.10	Planilha – 2º Pavimento – Compressão Perpendicular às Fibras (ELU) 353	
10.1.11	Planilha – 2º Pavimento – Flexão Simples Reta (ELU).....	354
10.1.12	Planilha – 2º Pavimento – Flexão Simples Oblíqua (ELU).....	355
10.1.13	Planilha – 2º Pavimento – Flexotração (ELU).....	356
10.1.14	Planilha – 2º Pavimento – Flexocompressão (ELU).....	357
10.1.15	Planilha – 2º Pavimento – Cisalhamento Longitudinal em Vigas (ELU) 358	
10.1.16	Planilha – 2º Pavimento – Estabilidade Lateral (ELU).....	359
10.1.17	Planilha – 2º Pavimento – Deslocamento Máximos (ELU).....	360
11	<b>APENDICE E - ANÁLISES ESTRUTURAIS NA CONFIGURAÇÃO 02 NA COMBINAÇÃO ELS</b> .....	360
11.1	ANÁLISE DAS VIGAS ISOLADAS.....	360
11.1.1	Cobertura - Vigas Terciárias (ELS).....	361
11.1.2	Cobertura - Vigas Secundárias (ELS).....	363
11.1.3	Cobertura – Vigas Secundárias que recebem carga adicional da claraboia (ELS) .....	364
11.1.4	Segundo Pavimento - Vigas Terciárias (ELS).....	366
11.1.5	Segundo Pavimento – Viga secundária com carregamento interrompido 368	
11.1.6	Segundo Pavimento – Vigas Secundárias sem cargas adicionais (ELS) 369	
11.1.7	Segundo Pavimento – Vigas Secundárias “Recorte da Escada” (ELS) 370	
11.1.8	Segundo Pavimento – Vigas Secundárias que cruzam com a parede do banheiro (ELS).....	371

11.1.9	Segundo Pavimento – Vigas Secundárias Tipo Especial 02 (ELS).....	372
11.1.10	Segundo Pavimento – Viga Secundária 15x15 (Esquerda) (ELS).....	373
11.1.11	Segundo Pavimento - Vigas Secundárias 15x15 (Direita) (ELS).....	374
11.1.12	Segundo Pavimento – Viga Secundária Especial Tipo 01 (ELS).....	375
11.1.13	Segundo Pavimento – Viga Secundária que recebe ‘Especial 01’.....	376
11.1.14	Segundo Pavimento – Viga Secundária Curta rente à parede (ELS)..	377
11.1.15	Segundo Pavimento - Vigas Primárias Internas “Escada” (ELS) .....	378
11.1.16	Segundo Pavimento – Vigas Primárias Internas “Aprox. 2,5m” (ELS) 379	
11.1.17	Escada analisada isoladamente .....	380
11.1.18	Segundo Pavimento – Varandas.....	382
11.1.19	Processo de Análise das vigas isoladas .....	382
11.2	ANÁLISE DAS VIGAS VAGONADAS .....	386
11.2.1	Viga vagonada P4 P5 da cobertura .....	386
11.2.2	Viga vagonada P4 P5 do segundo pavimento .....	387
11.2.3	Viga vagonada P7 P8 da cobertura .....	389
11.2.4	Viga vagonada P7 P8 do segundo pavimento .....	391
11.3	ANÁLISES DOS PÓRTICOS DE DIREÇÃO LESTE-OESTE .....	394
11.3.1	Fachada Norte com Vento Leste – Com Alterações (ELS).....	394
11.3.2	Fachada Norte com Vento Oeste – Com Alterações (ELS) .....	396
11.3.3	Fachada P4 P5 P6 com Vento Leste – Com Alterações (ELS) .....	398
11.3.4	Fachada P4 P5 P6 com Vento Oeste – Com Alterações (ELS).....	400
11.3.5	Fachada P7 P8 P9 com Vento Leste – Com Alterações (ELS) .....	402
11.3.6	Fachada P7 P8 P9 com Vento Oeste – Com Alterações (ELS).....	404
11.3.7	Fachada Sul com Vento Leste – Com Alterações (ELS).....	406
11.3.8	Fachada Sul com Vento Oeste – Com Alterações (ELS) .....	408
11.4	ANÁLISES DOS PÓRTICOS DE DIREÇÃO NORTE-SUL .....	410
11.4.1	Fachada Leste Vento Norte – Com Alterações (ELS) .....	411
11.4.2	Fachada Leste Vento Sul – Com Alterações (ELS) .....	413
11.4.3	Fachada Oeste Vento Norte – Com Alterações (ELS).....	415
11.4.4	Fachada Oeste Vento Sul – Com Alterações (ELS) (ELS) .....	417
12	APENDICE F – VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS NA CONFIGURAÇÃO 02 NA COMBINAÇÃO ELS .....	419

12.1	VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS DAS VIGAS.....	419
12.1.1	<b>Planilha – Cobertura – Deslocamentos Máximos.....</b>	<b>421</b>
12.1.2	<b>Planilha – 2º Pavimento – Deslocamentos Máximos .....</b>	<b>423</b>
13	<b>APÊNDICE G – PRANCHAS DE EXECUÇÃO .....</b>	<b>423</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO DO TRABALHO

A utilização da madeira apresenta um grande potencial para residências de pequeno porte, por serem de rápida execução e também benéficas ao meio ambiente, caso provenientes de áreas de reflorestamento, por utilizarem materiais de baixa energia incorporada. Outros benefícios indiretos podem ser agregados, como uma arquitetura e design menos exigente de materiais como o cimento, um dos maiores emissores de  $CO_2$ , que no Brasil, em 2012 foi responsável por 29,7% das emissões do dióxido de carbono de processos industriais (BRASIL, 2014). Sendo o ramo da construção uma das responsáveis por essa excessiva emissão de gases poluentes, a construção civil deve achar meios para contornar seus excessos.

Com a motivação inicial exposta, foram divididos os componentes mais relevantes para a construção, sendo eles estruturais ou não. E a lógica do pensamento foi simples, numa ordem de volume, determinar quais materiais, da lista de materiais da construção tradicional, poderiam ser substituídos por outros menos danosos ao meio ambiente. Uma vez substituídos, determinar quais seriam as consequências.

Deve ser pensado o motivo da forma de construção brasileira e a sua manutenção serem danosas ao planeta, sendo o mesmo possuidor de tantas dádivas naturais, com múltiplas espécies de árvores, perenes ou não, múltiplas fontes de água, múltiplos tipos de vegetação, e mais importante, o tamanho continental de sua projeção no globo. Com todos esses recursos, é imprescindível uma maior eficiência no uso de suas matérias primas.

Por exemplo, o material usado para vedação vertical, as paredes. A construção tradicional usa o bloco cerâmico, que possui dois problemas. Primeiro, é um sistema gerador de excessos de sujeira e entulhos, que exige que seja assentada, para depois ser parcialmente desfeito para a instalação elétrica e hidráulica serem posicionadas, gerando grandes quantidades de subprodutos indesejáveis. O segundo problema é uma consequência do primeiro. Depois desses recortes na parede, é necessário rebocar a parede para esconder os recortes feitos, exigindo areia e cimento.

É preferível utilizar o bloco de solo-cimento. O mesmo possui passagens internas para tubulações hidráulicas e/ou elétricas, é modular ao ponto de ser facilmente assentada com uma quantidade relativamente menor de materiais para o assentamento, e possuem uma estética agradável a ponto de não exigirem reboco. Existem blocos cerâmicos e também de concreto que formam passagens verticais, porém eles não possuem a característica de não exigir queima, como os blocos cerâmicos, eliminando a emissão de gases danosos à atmosfera, além de não possuírem uma estética agradável à ponto de abdicar o processo de reboco da parede. Isso traz uma consequência social de relevância para um país como o Brasil, que é a facilidade de fabricação, ou seja, com uma simples análise do solo e com adição e uso de alguns materiais básicos, presentes em qualquer loja de construção, profissionais qualificados poderiam fazer seus próprios blocos de solo-cimento. É preciso pensar na autonomia que isso traria para os engenheiros civis em locais remotos.

Outra técnica que será incorporado nos estudos é o telhado vegetado (telhado verde), uma “estratégia bioclimática para aumento da eficiência energética das edificações e do conforto térmico dos usuários” (LAMBERTS et al, 2010, p. 89). O mesmo é capaz de manter a edificação numa temperatura mais agradável e de maneira mais uniforme aos moradores, a ponto de diminuir consideravelmente os custos para tal tarefa, seja aquecendo ou refrigerando os ambientes.

A estrutura também pode ser substituída em relação à técnica construtiva. A utilização do concreto armado para vigas e pilares, para edificações de pequeno porte, considerando suas altas resistências, pode ser considerada um excesso. A madeira, por menos resistente que seja em comparação ao concreto armado, é um substituto que para certas aplicações, atenderia as necessidades de edificações menores.

A professora e arquiteta Mulfarth (2004, p. 30-32) escreve:

“Esta “Nova Arquitetura” - Ecológica, Verde, Sustentável, de Baixo Impacto Ambiental - deve não só minimizar os impactos gerados no Meio Ambiente, mas principalmente integrá-la aos ciclos naturais da biosfera de forma a criar efeitos positivos, sendo um agente renovador, reparador e restaurador. Além disso, a Arquitetura tem o papel de manter e gerar o bem

estar (sic) da sociedade, promovendo meios de garantir a satisfação dos aspectos sociais, culturais e econômicos.”

Foi dessa perspectiva que originou o interesse na atuação em projetos em madeira associado aos blocos de solo cimento, para trazer também esses benefícios difíceis de se mensurar, à engenharia.

Edificações com estruturas de madeira com as vedações possuindo o solo como componente principal é uma técnica tradicional. O enxaimel, ou *Fachwerk* (em alemão), foi uma técnica introduzida ao contexto brasileiro na vinda dos colonos alemães no século XIX (DIEL, R.A., 2015). Apesar de que o bloco solo-cimento ainda não tinha sido inventado, as construções tradicionais eram feitas com materiais também majoritariamente orgânicos, como adobe, pedra, ou pau a pique (VIDOR, 1983).

A combinação dessas técnicas construtivas nas condições atuais, provendo segurança estrutural e garantindo desempenho térmico, pode se provar uma alternativa para construções de pequeno porte.

O projeto consiste em uma edificação de dois pavimentos, com as técnicas mencionadas. Por ser uma residência de pequeno porte, possui uma capacidade para no máximo um casal e um filho. No primeiro pavimento, são dois quartos, um deles sendo uma suíte. Ambos os quartos possuem varanda. No térreo, uma cozinha integrada com a sala de estar e um banheiro social no vão inferior da escada. Não foram consideradas instalações hidráulicas nem elétricas nesse estudo.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

As escolhas das técnicas utilizadas nesse projeto possuem as seguintes motivações:

- tentar converter o uso de materiais convencionais por materiais mais sustentáveis;
- ampliar a eficiência térmica das edificações, diminuir os custos de operação e conseqüentemente proporcionar mais sustentabilidade à mesma;

- aumentar o repertório de técnicas construtivas para a construção civil, verificando a competência da combinação das técnicas construtivas mencionadas (sistema pilar-viga em madeira, blocos de solo-cimento e telhado vegetado) em edificações de pequeno porte, para que eventualmente, técnicas similares possam ser aprimoradas a fim de expandir seus usos para construções de maior escala;
- altos custos da construção tradicional.

### 1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal desse trabalho é elaborar um projeto estrutural com base em um projeto arquitetônico. Para isso, foi criado um projeto arquitetônico autoral e as motivações do mesmo foram conceitos bioclimáticos.

Os objetivos secundários desse estudo em ordem de análise:

- elaborar um projeto arquitetônico base para que todos os conhecimentos de engenharia sejam aplicados no mesmo;
- garantir eficiência térmica à edificação;
- garantir segurança estrutural à edificação;

### 1.4 METODOLOGIA

Serão listados os processos desse estudo em ordem de análise:

- elaboração do projeto arquitetônico será simplificado a fim de focar no aspecto estrutural do estudo;
- será feita uma análise térmica utilizando os softwares *Sol-Ar (2023)*, *SketchUp (2023)*, *EZePlus (2023)*, *EnergyPlus (2023)* para analisar a combinação de elementos construtivos para verificar que o arranjo escolhido traz êxito na ótica de conforto e desempenho, baseada na ABNT NBR 15575;
- análise estrutural: com as cargas definidas, aplicar as combinações exigidas por norma a fim estabelecer o cenário mais desafiador para a checagem estrutural;

- será feita uma análise na combinação ELS e outra em ELU, sempre aumentando seus valores no intuito de tornar a análise mais exigente;
- o sistema de laje nervurada será composto por uma placa de concreto de 5cm de espessura simplesmente apoiada em nervuras de madeira;
- analisar o sistema estrutural inicial da estrutura para averiguar sua segurança. No caso de não respeito dos requisitos exigidos por norma, alterações serão estudadas. Será utilizado o *software Ftool (2023)* para a análise estrutural. Essa etapa é feita de maneira conjunta com planilhas *Excel (2023)* para averiguar se os quesitos exigidos pela norma ABNT NBR 7190:2022, de projeto estrutural de madeira são atendidos;
- uma vez definida a estrutura, dimensionar as ligações metálicas através do uso de partes metálicas disponíveis comercialmente. Será utilizado o catálogo da empresa Rothoblaas;
- elaborar os desenhos de projeto;

## 1.5 DELIMITAÇÕES DO ESTUDO

Serão listadas as delimitações do estudo em ordem de análise:

- a edificação será supostamente construída na região rural da cidade Campo Belo do Sul – SC, porém não existem dados das características climáticas da cidade, por isso a análise climática será aproximada. A aproximação será feita utilizando as características climáticas da maior cidade mais próxima, Lages – SC;
- sobre a simulação térmica computacional da edificação, simplificações serão utilizadas, como a desconsideração dos pilares e vigas de madeira. Ou seja, na simulação, a camada externa da casa será considerada inteiramente de blocos de solo-cimento (tijolo ecológico) e suas aberturas;
- em relação à estrutura, as lajes do segundo pavimento e também da cobertura serão de uma técnica construtiva não usual, a laje nervurada em



madeira, com uma placa de concreto de 5 cm de espessura simplesmente apoiada nas nervuras;

- a estrutura principal será do tipo sistema pilar-viga, conectadas exclusivamente por ligações metálicas da empresa *Rothoblaas*;
- acessórios metálicos indisponíveis pelos catálogos da *Rothoblaas* serão dimensionados somente de acordo com as normas ABNT NBR 7190:2022;
- as ligações metálicas relativas ao pilar também serão exclusivamente dimensionadas e escolhidas a partir dos catálogos da *Rothoblaas*;
- serão consideradas as ações do vento de forma simplificada;
- as combinações últimas normais e de utilização (ou de serviço) também serão intensificados sempre que possível, com o mesmo objetivo da delimitação anterior;

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Por uma questão de organização e simplificação, o mesmo foi organizado a fim de extrair as informações mais relevantes para incorporar no texto principal, enquanto informações necessárias ao estudo, porém que podem carregar demais o documento foram direcionados à apêndices, sempre mantendo uma conexão entre essas categorias principais, entre texto e apêndices.

O trabalho é organizado como segue:

- Capítulo 01 - Introdução
  - Exposição das motivações iniciais do projeto
- Capítulo 02 - Revisão Bibliográfica
  - Normas técnicas, escolhas no projeto arquitetônico, dados técnicos da madeira, informações sobre desempenho térmico, informações sobre telhado vegetado, informações sobre o bloco solo-cimento (comercialmente conhecido como tijolo ecológico), e ligações metálicas.
- Capítulo 03 – Projeto Arquitetônico e Simulação Térmica

- São explicados nesse capítulo como foram feitos os projetos arquitetônicos e a simulação térmica. As escolhas de materiais também, para enfim partir para o projeto estrutural.
- Capítulos 04 – Dimensionamento, Resultados e Análises
  - Serão mostradas quais foram as etapas a fim de se partir da concepção estrutural inicial para a final. Esse trajeto será basicamente influenciado pelas cargas da edificação e das capacidades da estrutura de resistir as mesmas. O mesmo pode ser dito para os dimensionamentos das peças metálicas.
  - Uma vez expostos todos os dados do projeto estrutural com todas as suas peculiaridades, serão feitas análises do projeto em si, benefícios e fraquezas do mesmo. O objetivo principal desse capítulo é determinar onde o projeto obteve êxito ou não, com o intuito de melhorá-lo.
- Capítulo 05 - Conclusão
  - Aqui são discutidas todas as perguntas levantadas na introdução e mais. Lembrando que a motivação inicial do projeto é a sustentabilidade. Toda e qualquer argumentação em relação ao tópico são levantadas novamente.
- Capítulo 06 - Referências Bibliográficas
  - Aqui estão listados todos os materiais que serviram de base para o autor gerar esse documento.
- APÊNDICES
  - Aqui são expostas todas as informações essenciais para um projeto estrutural, porém que não são necessárias estarem no corpo do texto, com o objetivo de não deixar o documento muito extenso. De forma rápida, para se fazer um dimensionamento, dezenas de planilhas *Excel* são necessárias, porém o autor apresenta uma planilha relativa ao assunto específico do capítulo que estiver em foco, somente para explicar o funcionamento geral da mesma, ou seja, o significado de siglas, a maneira correta e mais prática de ler as informações nela contidas. Todas as outras estão localizadas nos apêndices, por motivação já explanada.



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

A ABNT NBR 16636-2:2016 divide o processo de criação de um projeto arquitetônico em 13 (treze) etapas. As mesmas, porém, não serão todas apresentadas aqui, já que o foco do estudo não aborda esses conceitos. As etapas, em ordem que a norma mencionada sugere são:

a) levantamento de dados para arquitetura (LV-ARQ); levantamento das informações técnicas específicas (LVIT-ARQ) a serem fornecidas pelo empreendedor ou contratadas no projeto.

b) programa de necessidades para arquitetura (PN-ARQ);

c) estudo de viabilidade de arquitetura (EV-ARQ);

d) estudo preliminar arquitetônico (EP-ARQ);

e) anteprojeto arquitetônico (AP-ARQ);

f) estudo preliminar dos projetos complementares (EP-COMP);

g) projeto para licenciamentos (PL-ARQ);

h) anteprojetos complementares (AP-COMP);

i) projeto executivo arquitetônico (PE-ARQ);

j) projetos executivos complementares (PE-COMP);

k) projeto completo de edificação (PECE);

l) documentação conforme construído – (“*as built*”).

Só são expandidas as etapas LV-ARQ (Levantamento de dados), PN-ARQ (Programa de Necessidades), AP-ARQ (Anteprojeto arquitetônico). Do anteprojeto, que tem como objetivo nessa etapa elaborar uma edificação simples que possibilite a aplicação de múltiplos conceitos sobre desempenho térmico.

## 2.2 DESEMPENHO TÉRMICO

Para essa etapa, a ABNT NBR 15575-1:2021 foi a base normativa para guiar as análises. A norma citada menciona diversos critérios, como acústica e lumínico, além da questão térmica. No capítulo referente à desempenho térmico, são verificadas duas maneiras de se avaliar uma edificação, uma maneira mais simples e outra mais complexa. Respectivamente são intituladas como ‘procedimento simplificado’ e o ‘procedimento de simulação computacional’, sendo o último a abordagem desse estudo.

Para tal, o processo é dividido em duas etapas, uma simulação da edificação em análise, porém com materiais pré-definidos pela norma como base de comparação e uma segunda simulação utilizando os materiais que se pretende usar na edificação real. Os valores de cada simulação permitem uma comparação entre resultados e é a diferença entre valores que permite situar se há melhora em relação ao modelo de referência e permite também a classificação do nível de desempenho entre Mínima (M), Intermediária (I) ou Superior (S).

As simulações produzem dois modelos, analisando essas condições com somente ar condicionado artificialmente (CA) e somente ventilado naturalmente (VN). Para o modelo de referência, as mesmas análises são feitas, considerando VN e CA e para o modelo real também.

Os indicadores de performance são:

- $PHFT_{UH}$  - percentual de horas de ocupação dentro de uma faixa de temperatura operativa da Unidade Habitacional;
- $TO_{máx_{UH}}$  - temperatura operativa anual máxima da Unidade Habitacional;
- $TO_{mín_{UH}}$  - temperatura operativa anual mínima da Unidade Habitacional;
- $CgTT_{UH}$  - carga térmica total da Unidade Habitacional;

Sendo:

- a temperatura operativa a resultante da temperatura do ar interna e da temperatura radiante média, variando de acordo com a velocidade do ar.
- Carga térmica a quantidade de calor sensível e latente, que deve ser retirada (resfriamento) ou colocada (aquecimento) no recinto a fim de proporcionar as condições de conforto desejada ou manter as condições

ambientes adequadas para a conservação de um produto ou para realização de um processo de fabricação.

Com os valores em mãos, cada nível de desempenho tem a sua forma de medição. O sequenciamento de contas será exposto nos momentos em que forem revelados, nos capítulos relativos às simulações.

### 2.3 BLOCOS DE SOLO-CIMENTO

Os blocos de solo-cimento foram recentemente incorporados às normas brasileiras, sendo que não possuem normas para paredes do tipo estrutural, somente alvenaria de vedação (ABNT NBR 10834:2012). Para vedações, os tijolos ecológicos, como são conhecidos, possuem uma técnica construtiva que, em comparação à técnica tradicional pode inicialmente parecer mais complexa, porém ao se analisar todo o processo, desde o início do assentamento até o acabamento final, o tijolo ecológico possui diversas vantagens, como redução de uso de cimento, não exigência de queima para produção dos blocos, maior velocidade no assentamento e uso facultativo de reboco por questões estéticas. O procedimento de assentamento será detalhado no Apêndice A de forma resumida. O material foi redigido pelo próprio autor, a partir de um vídeo tutorial da empresa Aurora – Máquinas para Tijolos Ecológicos.

### 2.4 TELHADO VEGETADO

Não existem normas específicas para esse tipo de cobertura. O guia para o tópico serão as ABNT NBR 9575:2010 – Impermeabilização – Seleção e Projeto e ABNT NBR 9574:2008 – Execução da Impermeabilização. Nos mesmos, são mencionadas a utilização de impermeabilização em que se planeja plantio de plantas acima da camada impermeabilizante.

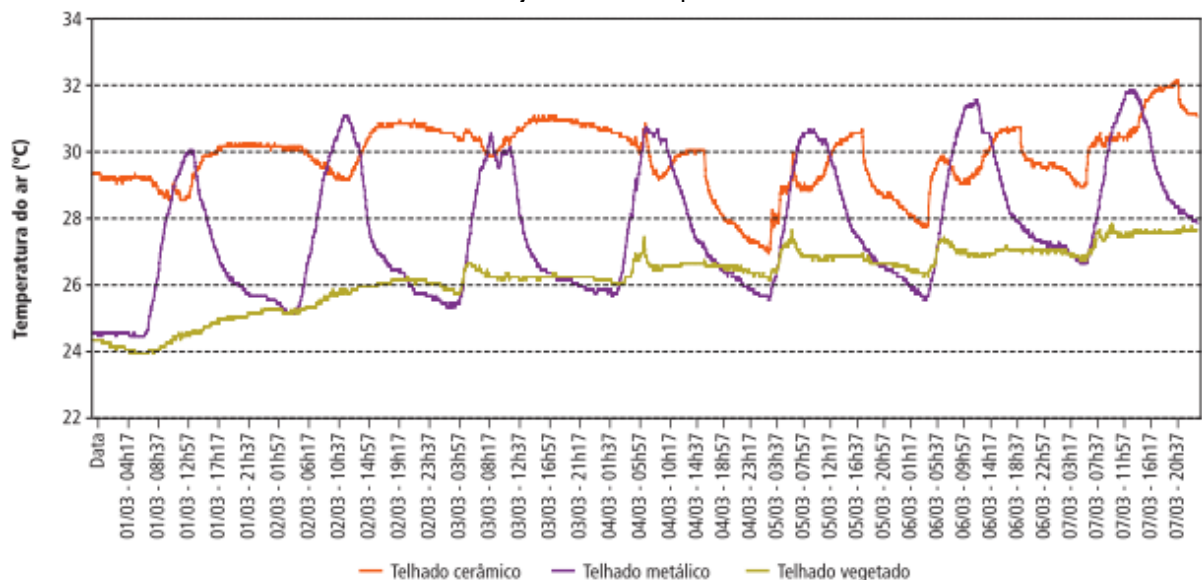
Em relação a NBR 9575, de acordo com as necessidades desse projeto em questão, a cobertura deve requerer estanqueidade imposta pela umidade do solo e também por fluido sob pressão unilateral.

Um exemplo sobre telhados vegetados e seus benefícios podem ser encontrados na própria banco de dados da UFSC, em que o prof. Roberto Lamberts

liderou um estudo chamado Casa Eficiente (LAMBERTS et al., 2010) que foi dividido em 4 (quatro) módulos, o que motivou o estudo do ramo de construção sustentável, porém o relevante nesse momento ao tópico em questão é o Módulo I – Bioclimatologia e Desempenho Térmico, mais especificamente o capítulo 5 – Telhado Vegetado (LAMBERTS et al., 2010, p. 89). Reduções do fluxo de calor para o ambiente interno, redução também da energia requerida para condicionamento interno e redução dos efeitos de ilha de calor urbana são algumas das primeiras estatísticas mencionadas no capítulo. As análises foram feitas em Florianópolis.

Partindo para as conclusões dos estudos, a diferença entre os telhados tradicionais para o vegetado pode ser evidenciada no gráfico abaixo.

Figura 1 – Temperaturas superficiais da cobertura internas entre 3 (três) tipos de cobertura, numa janela de tempo



Fonte: LABEEE, Casa Eficiente, Módulo I, capítulo 5, p. 111.

Reparar o quão estável é a temperatura da superfície interna do telhado vegetado em relação aos outros tipos de cobertura, que por consequência diminui o fluxo de calor para a residência. Essa estabilidade traz conforto e também menores custos operacionais.

## 2.5 PROJETO ESTRUTURAL

Esse é o tópico principal desse estudo. Logo será o mais detalhado, e por isso, o mais extenso. Por esse motivo, aqui nesse tópico serão apenas mencionadas as normas utilizadas, pois os seus conteúdos serão destrinchados em momentos oportunos. As normas para o projeto são:

- ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas
- ABNT NBR 8681:2004 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- ABNT NBR 6123:1988 - Forças devido ao vento em edificações
- ABNT NBR 7190:2022 - Projeto de estruturas de madeira - Parte 1: Critérios de dimensionamento
- ABNT NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento
- EM 1995-1-1 – *Design of timber structures*

Além dessas normas, foi utilizado o catálogo da empresa de ligações metálicas *Rothoblaas*. Com exceção de algumas unidades de ligações, todas as conexões foram feitas utilizando produtos da dita marca.

Com essas informações, todo o dimensionamento é possível. E o mesmo ocorre depois de uma concepção estrutural da residência, que é precedido pela concepção arquitetônica.

Com revisão bibliográfica mencionada, será demonstrado o método, o processo lógico do autor para tirar do papel tal projeto. Informações adicionais relevantes ao tópico discutido no momento serão expostos assim que forem necessários à compreensão.

## 3 PROJETO ARQUITÔNICO E SIMULAÇÃO TÉRMICA

### 3.1 PROJETO ARQUITETÔNICO BASEADO EM CONCEITOS BIOCLIMÁTICOS

A arquitetura divide o processo de criação de um projeto arquitetônico em múltiplas etapas. Dessas etapas, as que são relevantes para esse estudo são:



levantamento de dados (do local e da vizinhança), programa de necessidades e anteprojeto.

A primeira etapa (levantamento de dados (do local e da vizinhança)) será apresentada no tópico 3.1.1. O programa de necessidades será apresentado nesse tópico inicial, mais adiante. O anteprojeto será apresentado também nesse capítulo, mais adiante.

O projeto arquitetônico possui autoria própria, e foi desenvolvida principalmente pensando na qualidade e eficiência energética. Conclusões sobre essa disciplina que podem ser resumidos em aspectos do projeto arquitetônico:

- é essencial orientação solar apropriada;
- é essencial iluminação natural que pode ser controlada por sombreamentos retráteis, para obtenção de alta e baixa intensidade, à comando;
- é essencial ventilação natural que pode ser controlada para obtenção de alta e baixa intensidade, à comando;
- é essencial telhado e vedações verticais com alto nível de conter as intempéries do ambiente externo;
- é essencial sistemas complementares que auxiliam no funcionamento geral da técnica construtiva escolhida, como vidros de alta qualidade.

Essas considerações, se aplicadas de maneira inteligente, podem possuir características suficientes para promover, na perspectiva térmica, uma qualidade residencial boa o suficiente para garantir uma edificação de alta qualidade. As escolhas serão explicadas pelos tópicos mencionados nos aspectos em que o autor definiu como prioridades para a edificação.

Além dessas características que se deseja incorporar na edificação, um programa de necessidades também deve ser elaborado. Nele, as necessidades do cliente devem ser expostas para garantir sua satisfação. Nesse estudo, o cliente é o próprio autor, assim, o programa de necessidades elaborado pelo autor é composto por:

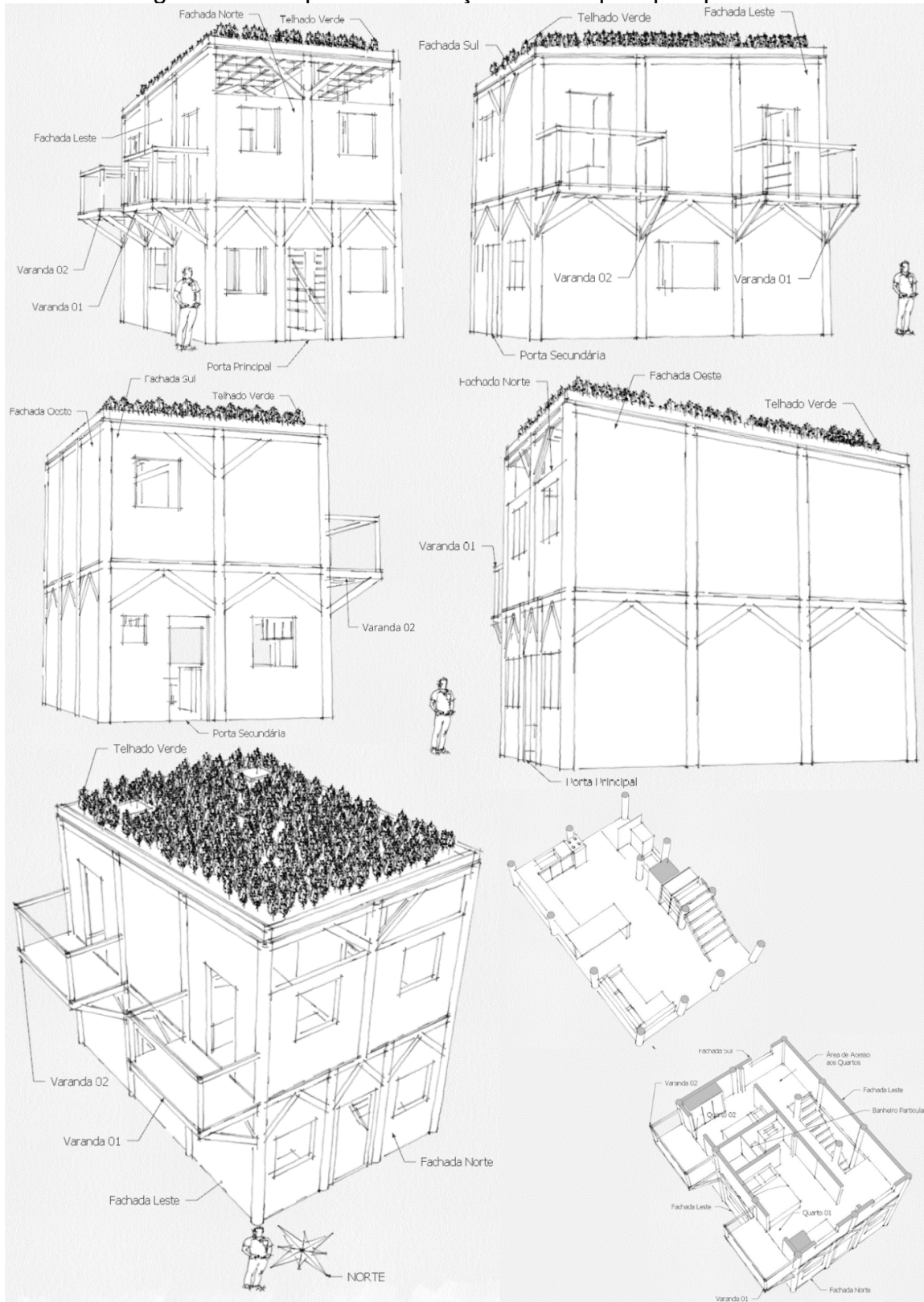
01. área de construção limitada por 40m<sup>2</sup>;
02. ambientes comuns amplos;

03. banheiro de visita;
04. cozinha ampla e aberta;
05. ventilação natural abundante;
06. iluminação natural abundante;
07. edificação que possibilita contato visual com vizinhos;
08. área definida para lazer privativo (varanda);
09. áreas verdes;
10. um quarto suíte;
11. um quarto multifuncional (quarto e/ou escritório);
12. mínimo de peças metálicas ou de concreto, para deixar a construção com o máximo de elementos naturais possíveis.

Agora será mostrado o anteprojeto, e com o decorrer das explicações sobre eficiência térmica, serão expostos como o projeto utiliza de tais conceitos em seu favor. Em sequência, é feita a simulação computacional térmica.

Em sequência, imagens das disposições dos ambientes na edificação, com um corte horizontal à uma altura de 1,30m de altura, para os dois pavimentos. Em seguida, um compilado de imagens. Nela, estão croquis das fachadas norte, leste, sul, oeste, uma visão superior que abrange as fachadas norte e leste, e dois cortes, um de cada pavimento, respectivamente. A sequência deve ser entendida sempre da esquerda para a direita e de cima para baixo.

Figura 2 – Croquis da edificação de múltiplas perspectivas



Fonte: Autoria Própria

Antes de começar a análise, serão apresentadas características da cidade em que será construída a edificação desse projeto em comparação com a cidade de Florianópolis. Com o objetivo de ajudar os leitores, em sua maioria moradores da capital catarinense, terão maior capacidade de interpretar esses dados.

### 3.1.1 INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS DE LAGES E FLORIANÓPOLIS

Esse conteúdo foi baseado pelo conteúdo oferecido pela Universidade de Berkeley (2022). Serão apresentadas características de ambas as cidades, sempre de forma conjunta, para facilitar a análise dos conceitos. Vale destacar aqui que há uma disparidade nos dados, sendo que os dados de Florianópolis foram coletados entre os anos 2000 e 2010, enquanto os dados de Lages foram coletados em 1990 e 1996.

#### 3.1.1.1 INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DAS DUAS CIDADES

Informações de localização possuem relevância tanto para essa etapa de projeto que foca nos aspectos arquitetônicos da edificação, como posicionamento de janelas e coberturas, quanto também para a parte estrutural, pois a posição do local de obra influencia diretamente na intensidade dos ventos. As forças causadas pelos ventos possuem a norma (ABNT NBR 6123:1997), que apesar de ser antiga, está em fase de renovação, com dados mais atuais e precisos. Essa força causada pelos ventos será retomada nos capítulos mais à frente.

Tabela 1 – Dados geográficos de Florianópolis e Lages

Comparação entre cidades		
Cidade	Florianópolis	Lages
Longitude	- 48,55°	- 50,33°
Latitude	- 27,6°	- 27,8°
Elevação acima do nível do mar	2m	937m
Temperatura anual média	20,9 °C	16,2 °C
Umidade relativa média	74,75%	77,03%

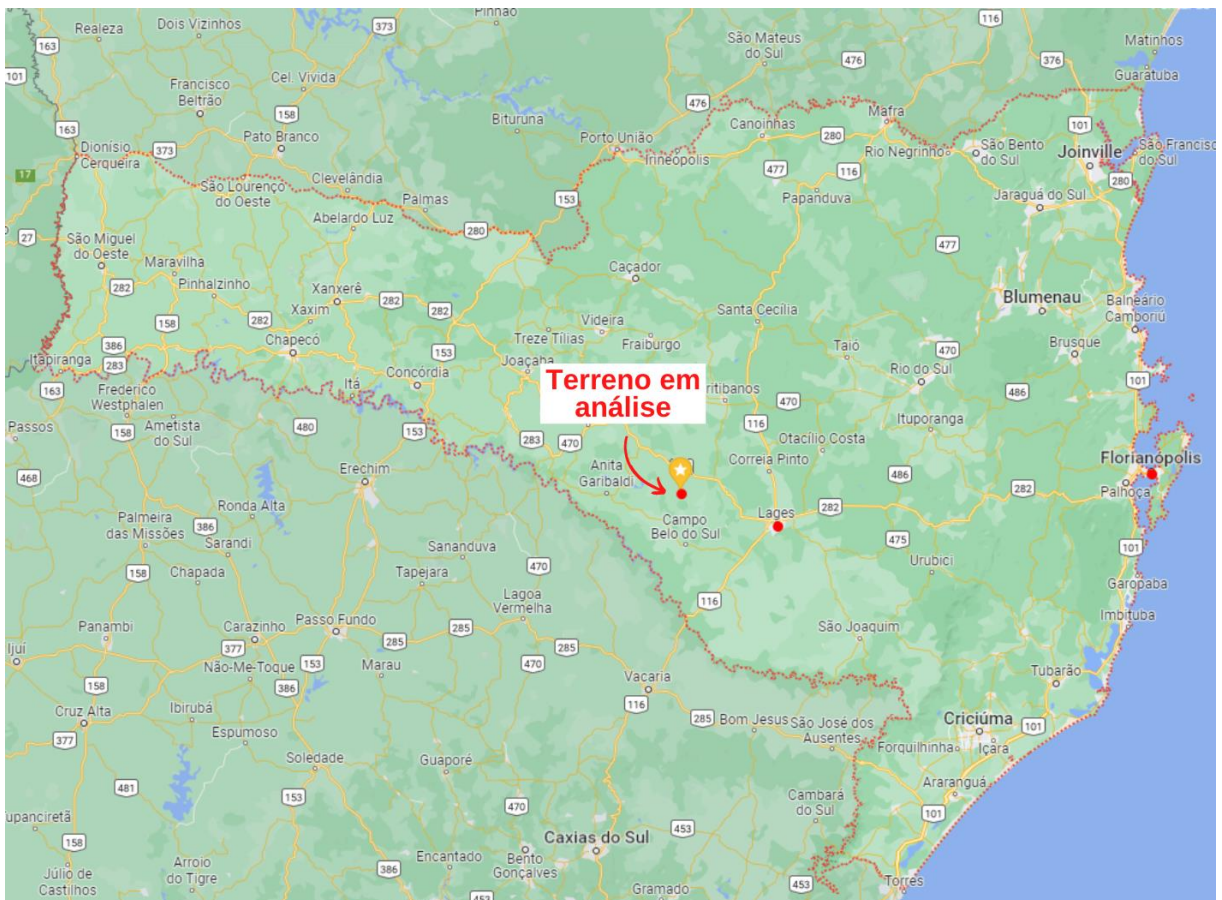
Fonte: Universidade de Berkley.

Com essas informações, nota-se a semelhança da latitude das duas cidades. Isso será relevante mais adiante pois, pela falta de dados, será necessário supor que

a carta solar de Lages se comporta de maneira similar à de Florianópolis. Essa semelhança se dá, pois, a trajetória do sol está diretamente relacionada com a latitude do local.

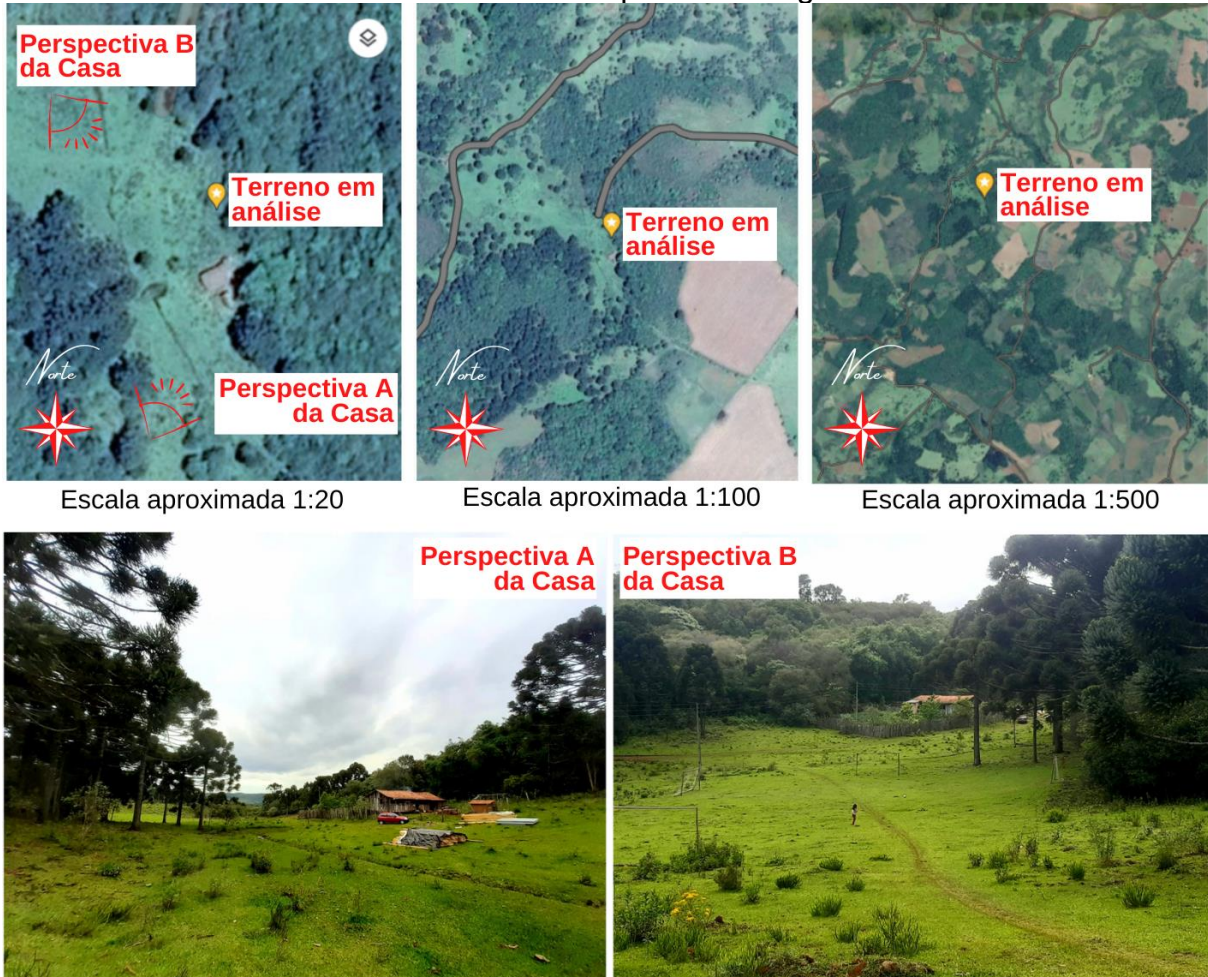
Figura 3 - Estado de Santa Catarina destacado em linhas vermelhas, com três locais destacados, Florianópolis, Lages e o terreno em análise.

Escala aproximada 1:50.000.000.



Fonte: Google Maps com alterações de autoria própria

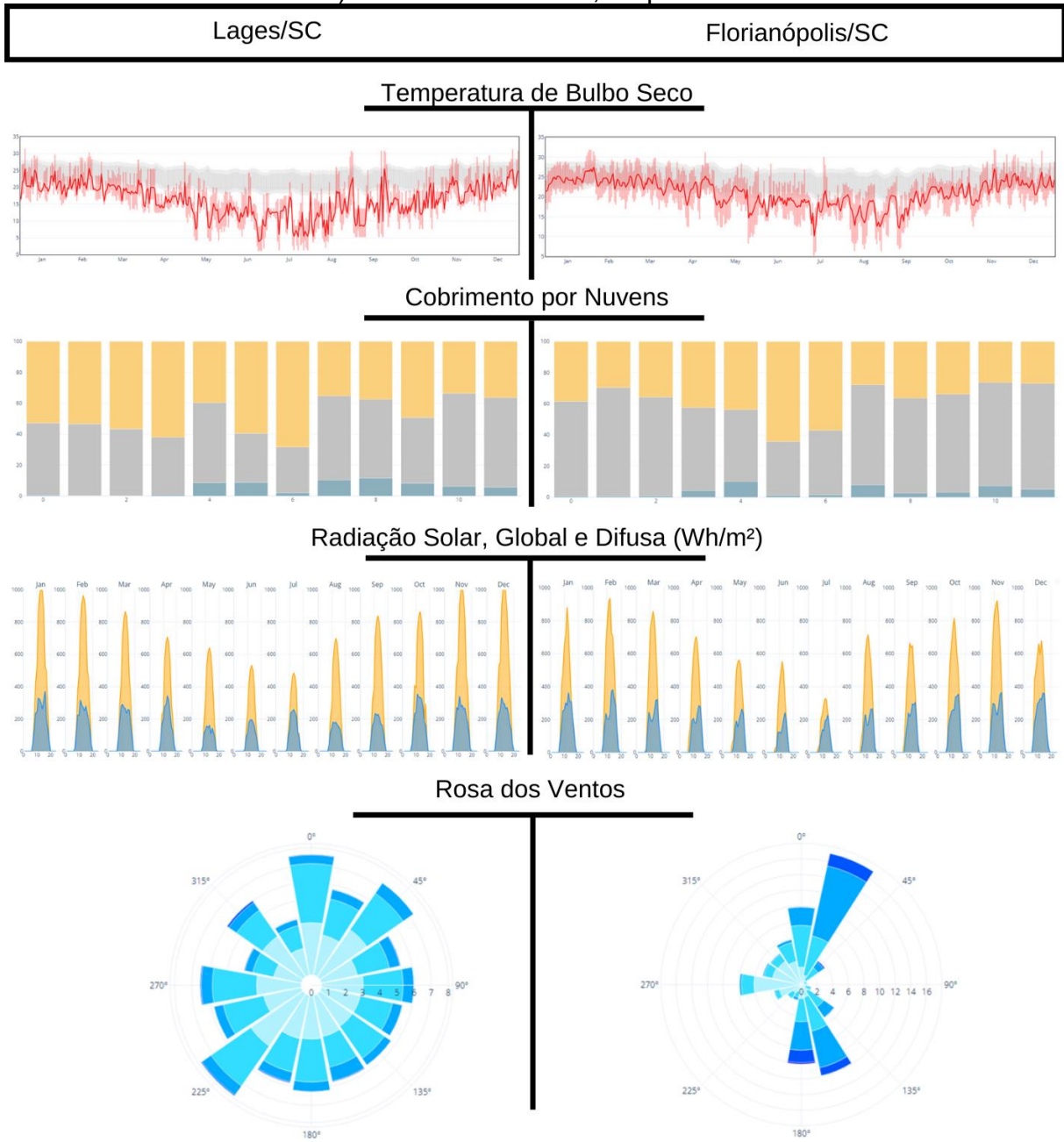
Figura 4 – Três imagens aéreas com diferentes escalas e em seguida, duas fotografias do local, com diferentes perspectivas, com seus pontos de observação destacados somente na primeira imagem aérea.



Fonte: Google Maps com alterações próprias e autoria própria

Serão expostos agora quatro dados que serão debatidos nos quatro próximos subcapítulos. Cada tópico referente à sua respectiva informação contida na seguinte imagem.

Figura 5 – Comparativos entre as cidades Florianópolis e Lages nos quesitos Temperatura de Bulbo Seco, Cobrimento por Nuvens, Radiação Solar (direta e difusa) e Rosa dos Ventos, respectivamente.



Fonte: Universidade de Berkeley (2022).

### 3.1.1.2 TEMPERATURA DE BULBO SECO

A temperatura de bulbo seco é a temperatura do ar. Essa leitura pode ou não considerar a umidade local, caso possua ou não um tecido umedecido no bulbo. O tecido é usado para medir a temperatura de bulbo úmido que posteriormente pode

posteriormente combinada com a temperatura de bulbo seco pode ser usada para calcular as outras propriedades psicrométricas existentes como a umidade e o ponto de orvalho.

Os dois gráficos que representam a variação da temperatura de bulbo seco no eixo das coordenadas e o tempo no eixo das abcissas. Em cinza claro, a faixa de conforto de 80% dos usuários, em cinza escuro, a faixa de conforto de 90% dos usuários. Em vermelho claro, a faixa de temperatura de bulbo seco, enquanto na linha vermelho escura, a temperatura média de bulbo seco diária.

Pode ser notado que Lages apresenta temperaturas mais baixas que Florianópolis. Isso fará com que o sol tenha um papel maior no conceito de aquecimento passivo da residência, já que o sol pode esquentar um ambiente “de graça”. Essa energia, em edificações com alta eficiência térmica não pode ser desperdiçada em climas como Lages-SC.

Foi justamente essa a motivação para não economizar em janelas. Outra motivação também para a instalação das claraboias, que ficam localizadas mais próximo da fachada sul, com o intuito de garantir iluminação natural até nos ambientes opostos à trajetória do sol, além de ganho de calor durante o inverno.

### **3.1.1.3 COBRIMENTO DO CÉU POR NUVENS E RADIAÇÃO SOLAR**

Nesse tópico serão abordados dois temas, porém como estão diretamente ligados, serão apresentados em conjunto. O cobrimento do céu por nuvens afeta diretamente na radiação solar, possuindo os dois um comportamento inversamente proporcional, pois o cobrimento do céu por nuvens impede a passagem dos raios solares.

Garantir que se consiga o máximo de radiação solar penetrando na edificação é a melhor estratégia para se combater o frio notório da região de serra do interior do estado de Santa Catarina. Essa é a justificativa para se implementar claraboias e uma janela que vai de fora a fora na fachada norte da residência.



#### 3.1.1.4 ROSA DOS VENTOS

A análise dos ventos é extremamente relevante, pois o vento é uma das maneiras mais eficientes de controle de temperatura interna, quando o objetivo é abaixar seus valores. O vento combinado com aberturas na edificação gera uma troca de ar com o ambiente externo, que no caso do estudo, pode sempre assumir que estará com temperaturas inferiores à temperatura interna da casa, resultando na diminuição da temperatura interna da residência.

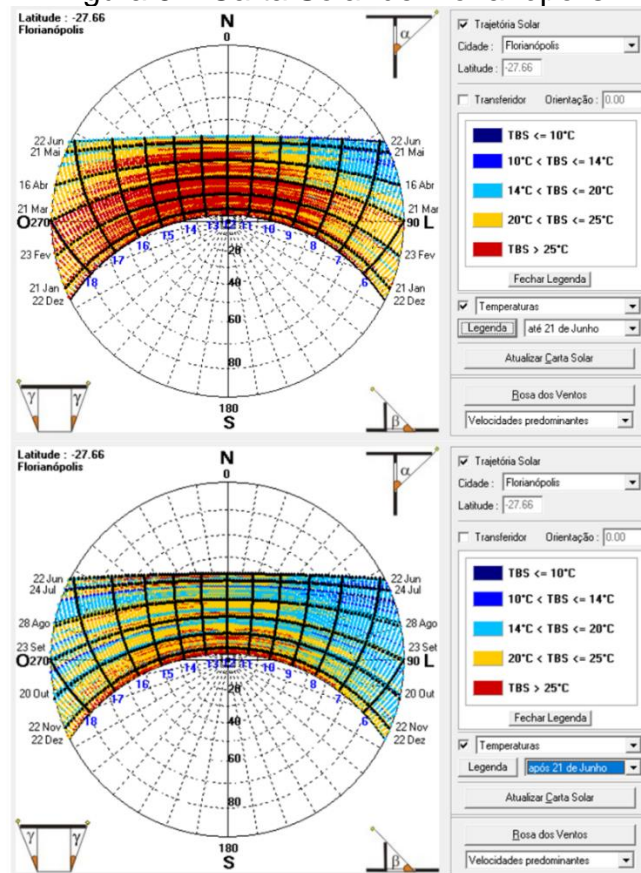
Pode-se constatar que o vento atua em todas as direções em Lages. Isso apresenta uma grande vantagem, pois o projeto arquitetônico não precisa se restringir em absolutamente precisar fixar uma orientação das aberturas como sendo a fonte receptora desse fluxo de ar. Uma distribuição de janelas mais igualitária entre as fachadas é possível e assim haverá troca de ar de maneira efetiva.

#### 3.1.1.5 ORIENTAÇÃO SOLAR

A edificação será posicionada na forma de obter máxima insolação nas épocas mais frias. Serão apresentadas as cartas solares de Florianópolis, que apresenta latitude similar à da localização do projeto. Mais especificamente, Florianópolis/SC possui latitude sul  $27,6^\circ$ , enquanto Lages/SC possui latitude sul  $27,8^\circ$ . Não foi possível fazer uma análise direta da Carta Solar da cidade de Lages por falta de dados, como mencionado anteriormente.

Abaixo, na carta solar de Florianópolis, utilizando o programa *Sol-Ar*, a faixa colorida representa as diferentes trajetórias do sol ao longo do tempo e as cores, que variam de azul ao vermelho, representam as temperaturas médias do ar externo em função dos diversos motivos, como insolação solar, umidade local, nível de urbanização, etc. Pode-se observar, que na carta solar da metade o ano mais fria (a carta solar de baixo, que abrange as datas de 22 de dezembro até 21 de junho), há uma leve inclinação dos períodos mais quentes, representadas por colorações alaranjadas, para a parte esquerda do círculo. A interpretação é que no período da tarde, o calor acumulado do período da manhã se soma à uma insolação vespertina.

Figura 6 – Carta Solar de Florianópolis

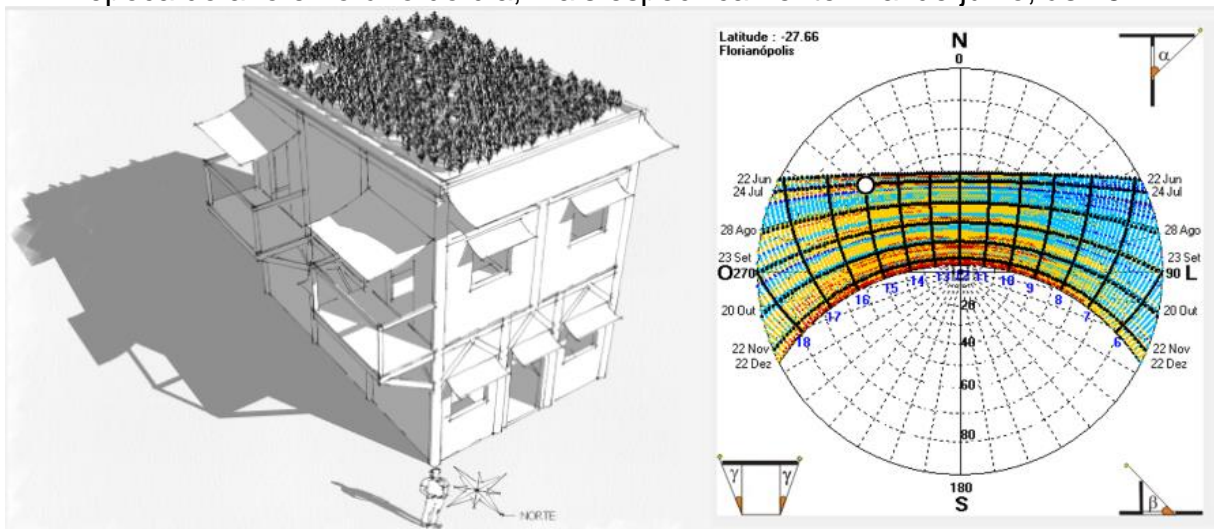


Fonte: *Software Sol-Ar*, elaborado pelo LABEEE.

Analisando a imagem acima, se a casa fosse rotacionada no sentido anti-horário em torno de  $5-10^\circ$ , se obteria o máximo de calor dentro da casa. Isso pois essa rotação forneceria maior contato da fachada norte da edificação com as regiões de maior temperatura, representada com cores quentes. Por uma questão de simplificação, a casa foi posicionada perfeitamente no eixo norte magnético. Será utilizado isso então, para que, nos períodos mais frios do ano, se aproveite o máximo possível desse calor para um aquecimento passivo da residência, que são possíveis pelas aberturas (janelas). Mas para os períodos quentes, essa ideia faria com que a casa se aquecesse mais rapidamente e também mais intensamente. Porém utilizar sombreamentos impedem essa transferência de calor, ou seja, o sombreamento precisa ser retrátil. Nos períodos frios, os sombreamentos são dispensados, aumentando ao máximo a insolação dentro da casa, e nos períodos quentes, os sombreamentos são utilizados no máximo de suas capacidades. Essa última análise possui outro fator que atua a favor do conforto térmico da residência, que é a posição do sol em relação à linha do horizonte em cada época do ano.

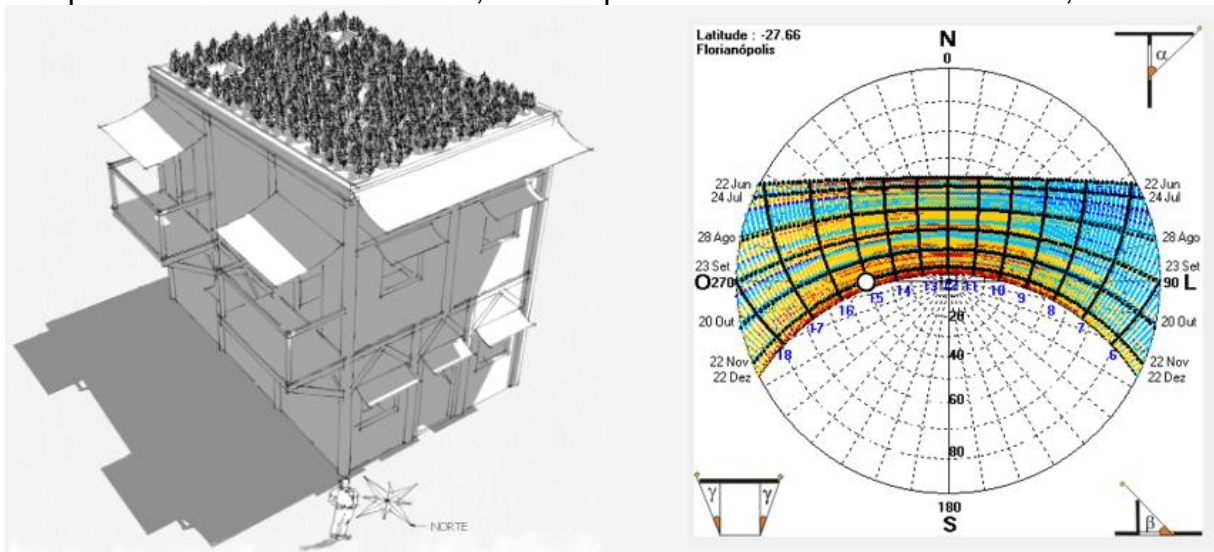
Pode-se verificar que nas faixas do gráfico em que as cores mais quentes (que representa maiores temperaturas) predominam são justamente as linhas curvas horizontais que estão mais próximas ao eixo Leste-Oeste. Isso por que as linhas curvas horizontais representam a trajetória solar durante o dia, indicando também então angulação que os raios do sol fazem com o objeto analisado, nesse caso a edificação. E as linhas curvas verticais representam o horário do dia. Para melhor compreensão, abaixo seguem dois pares de figuras, 7 e 8, nelas possuindo pares de informação, cada par com uma representação da casa e a influência do sol, com a carta solar dessa respectiva situação (ou seja, período do ano e horário do dia), e nela um ponto na cor branca com contorno preto, indicando aproximadamente a localização do sol olhando de cima para baixo, no mês do ano e o horário do dia que a simulação foi situada.

Figura 7 – Simulação da influência dos raios solares na edificação para determinada época do ano e horário do dia, mais especificamente final de julho, às 15h.



Fonte: Autoria Própria utilizando os softwares *Ketchup Pro* e *Sol-Ar*.

Figura 8 – Simulação da influência dos raios solares na edificação para determinada época do ano e horário do dia, mais especificamente final de dezembro, às 15h.



Fonte: Autoria Própria utilizando os softwares *SketchUp Pro* e *Sol-Ar*.

Com essas duas figuras, verifica-se que quando o sol está mais próximo ao zênite (eixo vertical de um dado local), o mesmo produz insolações mais quentes, mas também mostra que o sol incide seus raios solares de maneira mais direta no local da edificação devido à inclinação do planeta Terra, transferindo mais calor ao planeta e consequentemente ao local de análise. Com isso, o estudo do sombreamento da residência a fim de se aproveitar da melhor maneira possível essa fonte de calor é imprescindível.

### 3.1.2 SOMBREAMENTO

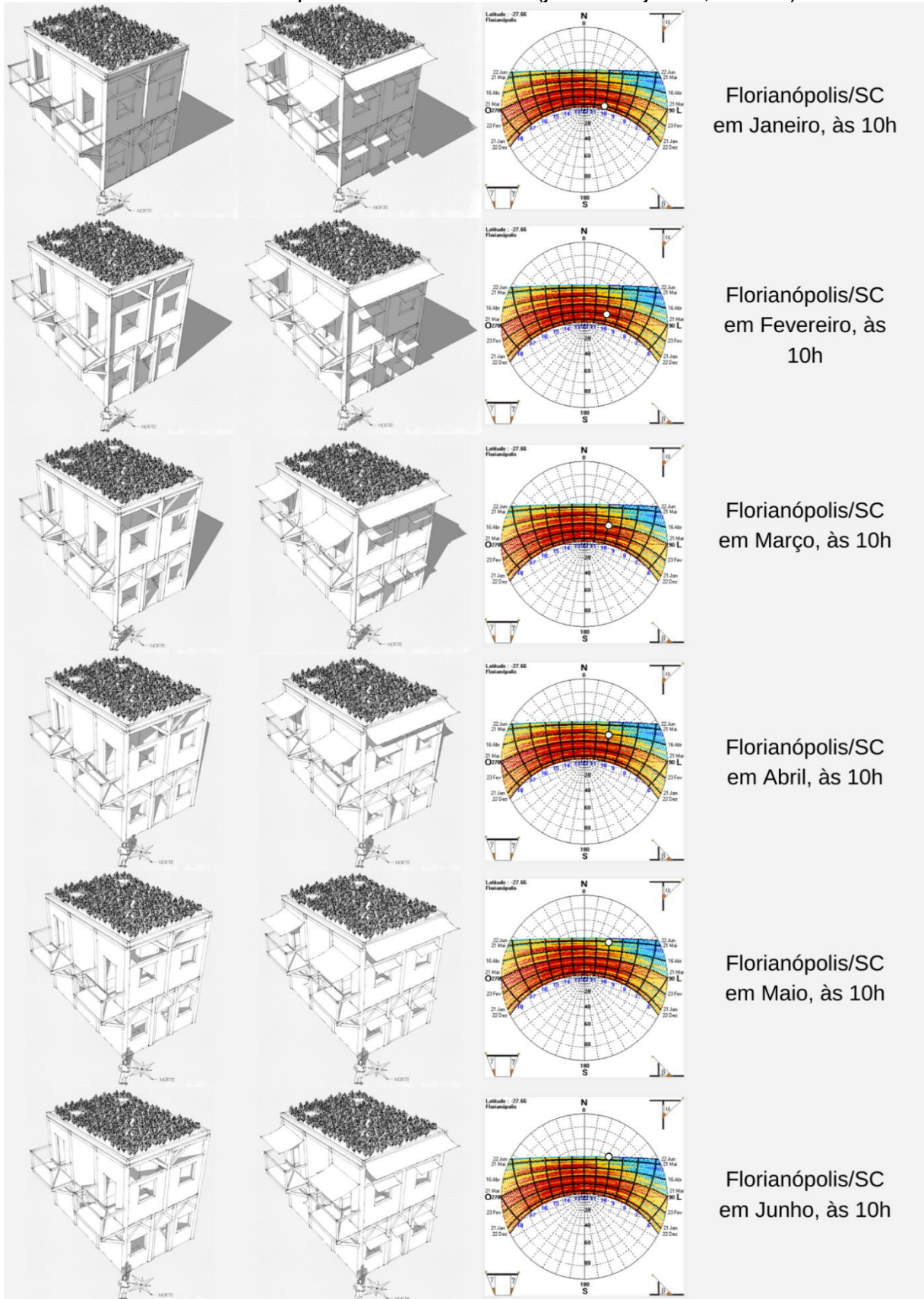
A análise dos sombreamentos precisa ser feita para as diferentes janelas distribuídas nas 3 fachadas que possuem aberturas (norte, leste e sul). Não foram previstas aberturas na fachada oeste pois o plano inicial do autor era de duplicar a edificação, espelhando toda a edificação na direção norte-sul a partir da fachada oeste. Ou seja, o plano inicial era de se ter uma edificação com duas residências perfeitamente espelhadas. Essa análise extra não foi aprofundada.

Será mostrada agora uma sequência de imagens representativas do potencial do sombreamento no objetivo de proteção do sol para todos os meses do ano, e analisados em dois horários do dia, às 10h da manhã e as 15h da tarde. Essa análise

visual evidencia como que um sombreamento bem planejado pode aumentar o conforto do morador.

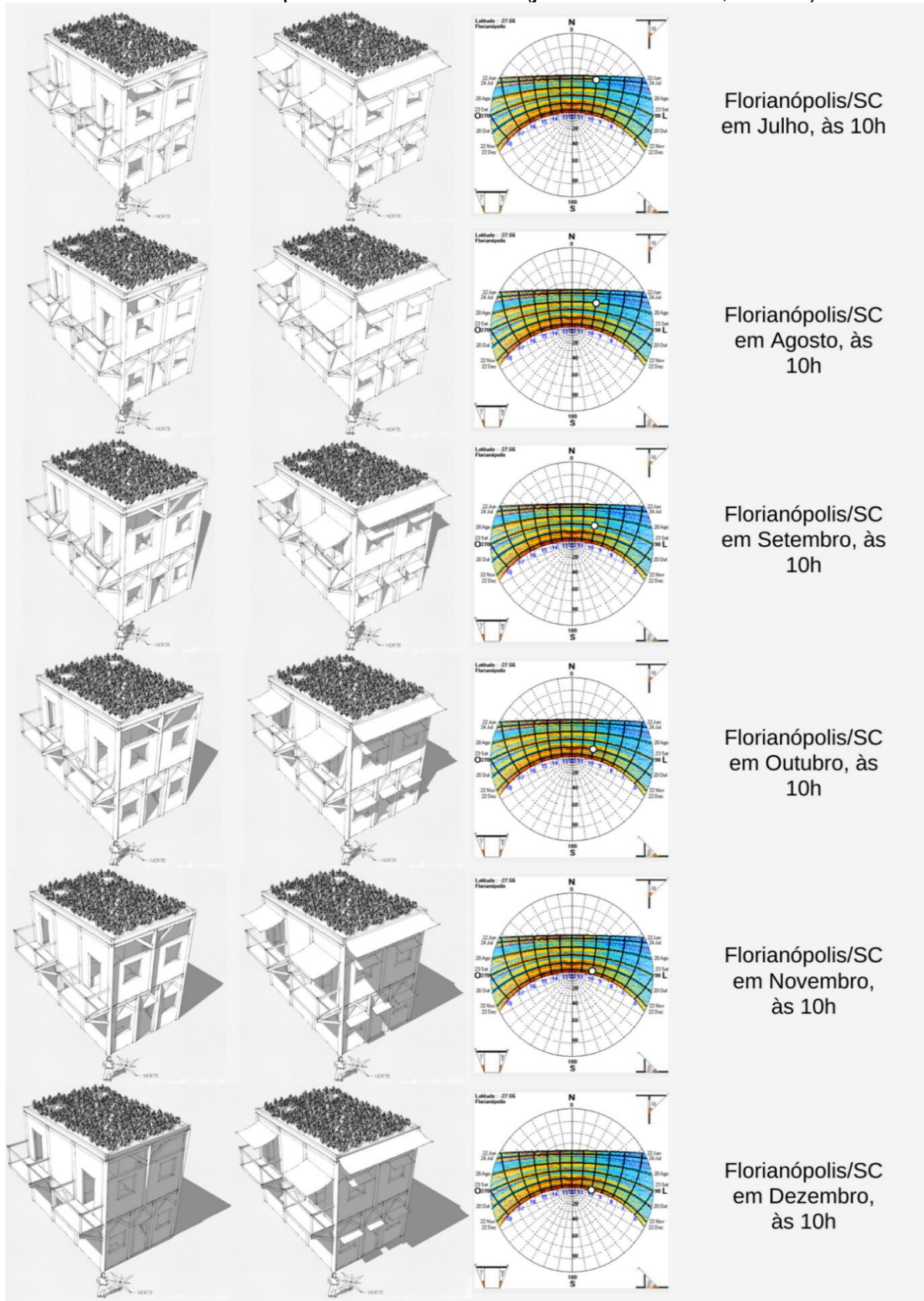
As figuras 9, 10, 11 e 12 foram divididas em linhas, cada uma com três imagens. A primeira da edificação sem sombreamento, a segunda com sombreamento e a terceira, a carta solar do momento aproximado em que a simulação da projeção do sol foi executada. As duas primeiras imagens de cada linha foram elaboradas no *Software SketchUp Pro 2021* e a terceira, no *software Sol-Ar*. As duas figuras anteriores e as figuras seguintes onde se fez a análise visual da influência do sol na edificação possuem a geolocalização (latitude e longitude) da cidade de Lages-SC. Já as cartas solares são de Florianópolis-SC.

Figura 9 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (janeiro a junho, às 10h)



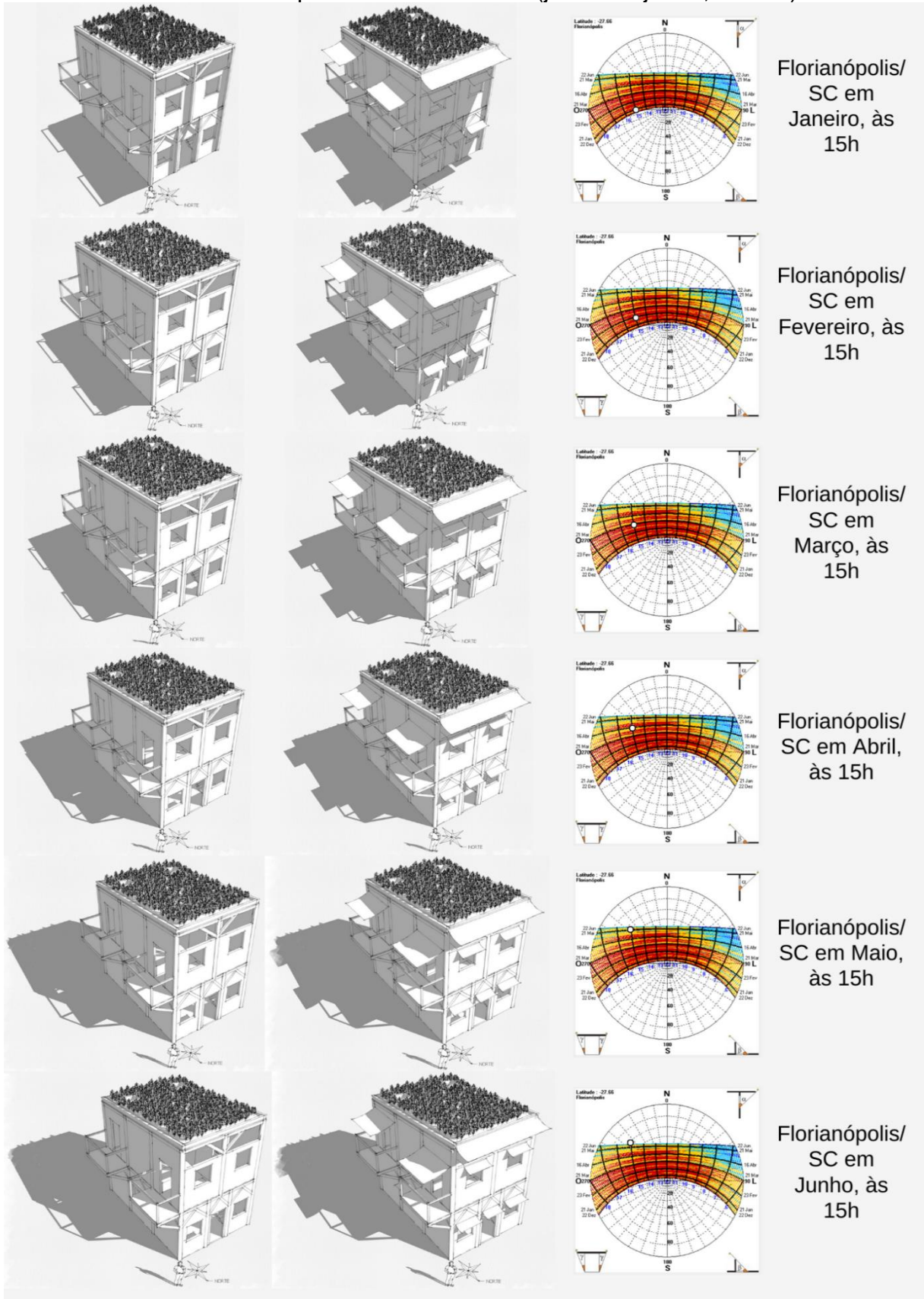
Fonte: Autoria Própria

Figura 10 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (julho a dezembro, às 10h)



Fonte: Autoria Própria

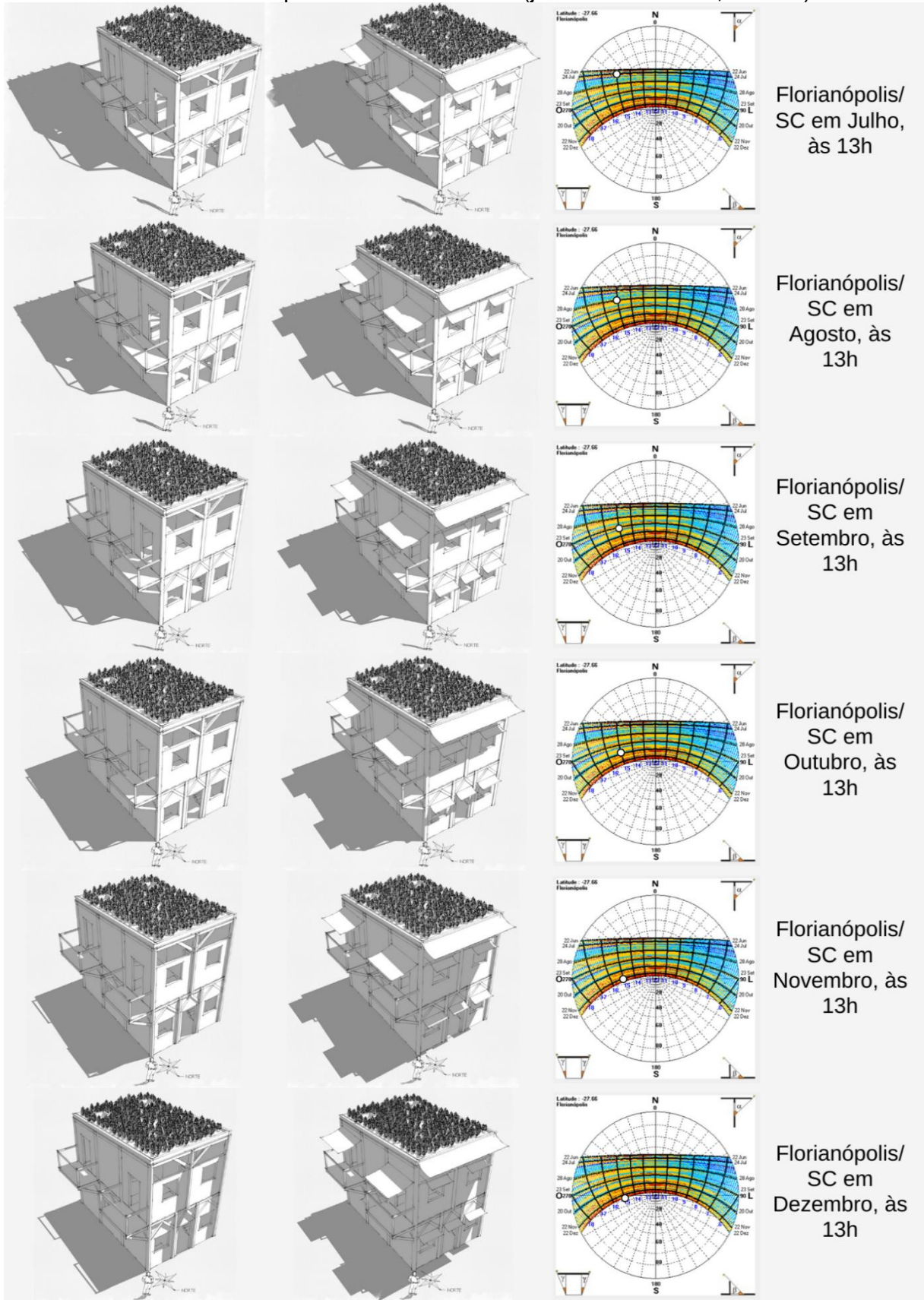
Figura 11 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (janeiro a junho, às 15h)



Fonte: Autoria Própria



Figura 12 – Simulação da influência do sol na edificação e sua respectiva carta solar do momento aproximado da análise (julho a dezembro, às 15h)



Fonte: Autoria Própria

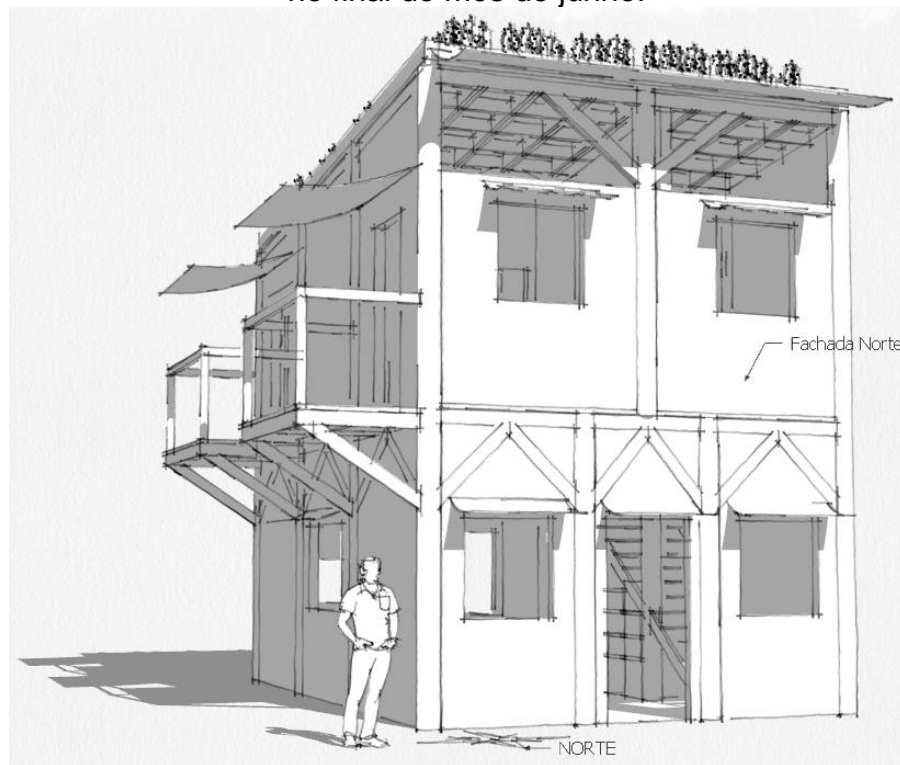
É interessante ressaltar como o sombreamento tem sua eficiência diminuída na metade do ano mais fria, período em que a radiação solar possui menor intensidade. Isso acontece devido à inclinação do planeta Terra, além da espessura da atmosfera e a duração do dia, e por isso não havendo necessidade do uso dos sombreamentos. Isso por dois motivos:

- primeiro, devido ao sol estar mais próximo da linha do horizonte (ou seja, ângulos maiores entre os raios solares e o zênite), o sombreamento perde sua eficiência devido à maior angulação que os raios solares fazem com o sombreamento;
- segundo, também devido à proximidade da trajetória do sol com o horizonte, seus raios solares possuem menos calor, um dos motivos de ser a época mais fria do ano. Por ser a época mais fria do ano, é desejável não desperdiçar qualquer forma de aquecimento.

### *3.1.2.1 SOMBREAMENTO NA FACHADA NORTE*

Como dito anteriormente, a carta solar apresentada no capítulo anterior é de Florianópolis, e não de Lages. Para entender melhor o clima de Lages, é necessário voltar à figura 5, e analisar os gráficos Temperatura de Bulbo Seco de ambas as cidades. Fazendo isso, nota-se que Lages é uma região mais fria que Florianópolis. O proceder dessa etapa, que inicia sua análise com falta de dados será considerar a carta solar de Florianópolis como se fosse a de Lages, e que por sequência, à do local da construção. Fazendo isso, por Florianópolis ser uma região com maior média de temperatura anual e conseqüentemente possuindo uma carta solar com indicadores de temperatura maiores, será calculado um sombreamento maior do que realmente é necessário. Porém, está sendo calculado um sombreamento retrátil, então com um morador ciente e ativo em relação ao conforto do lar, pode ser alcançado conforto térmico apesar dessa majoração. Deve ser lembrado que o sombreamento é retrátil, logo o tamanho do sombreamento pode ser ajustado, porém só foi considerado o cenário com o toldo totalmente recolhido e totalmente aberto.

Figura 13 – Simulação da influência do sol na edificação, aproximadamente às 13h, no final do mês de junho.



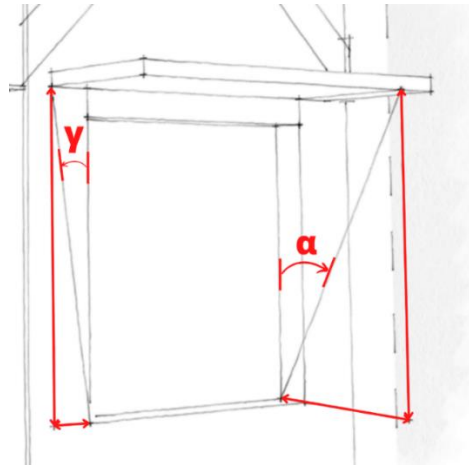
Fonte: Autoria Própria

Para a fachada norte, é preciso isolar a análise em dois casos: as quatro janelas que possuem 1 m de altura (duas no térreo e duas no 1º pavimento) e a janela “mezanino”, no 1º pavimento.

Nota-se que, os dois pares de janelas para cada andar são aproximadamente simetricamente espelhadas. Isso acontece por que as janelas desse pavimento foram posicionadas da forma mais simétrica possível, tanto para a direita quanto pra esquerda da porta e também do pilar central.

Agora, o dimensionamento para cada janela. No *software* Sol-Ar, elaborado pelo LABEEE/UFSC, podem ser facilmente verificadas as influências do sombreamento na abertura que está sendo analisada. Para isso, as dimensões de profundidade e largura já precisam ser conhecidas, para se calcular os ângulos  $\alpha$  e  $\gamma$ . O primeiro representa o ângulo formado que o peitoril interno da janela faz com a extremidade do objeto que produz a sombra, o toldo no caso. Enquanto a última representa o ângulo formado entre o marco vertical da janela, medido da parte mais inferior até a extremidade também do toldo, porém da parte lateral. Uma figura representativa segue para clarificar as definições.

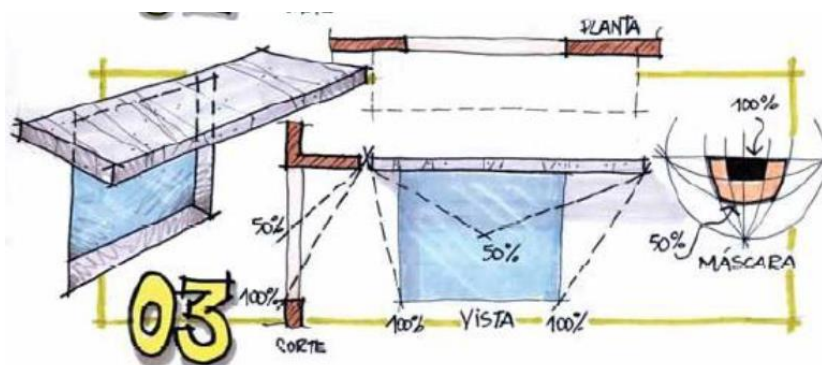
Figura 14 – Esquema ilustrando os ângulos  $\alpha$  e  $\gamma$  em uma janela.



Fonte: Autoria Própria

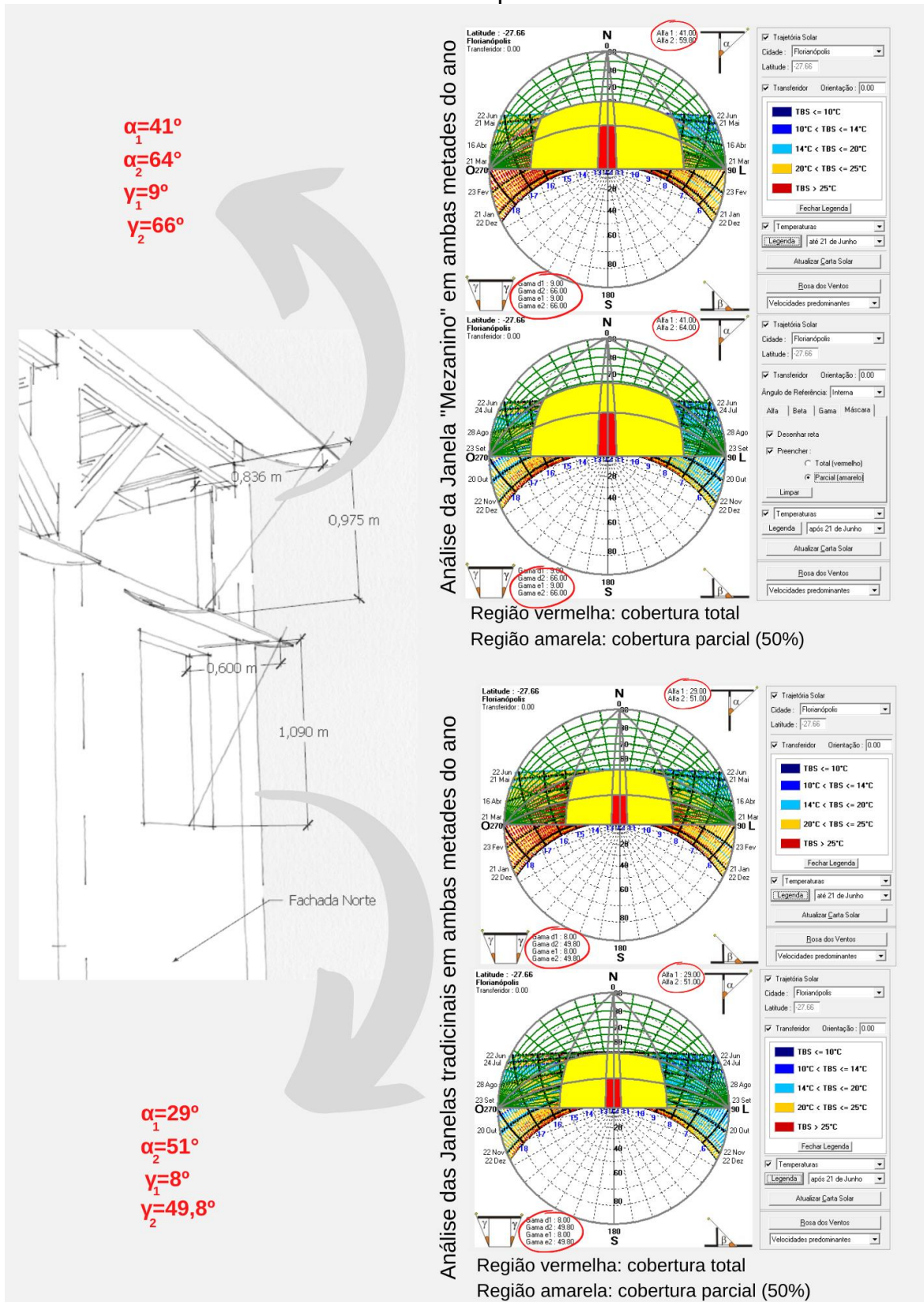
Uma vez que esses dados são inseridos no programa, somado com a carta solar do local, que é de Florianópolis e não de Lages, a análise pode começar. Os resultados serão apresentados na figura 16. Outra observação é que foram considerados sombreamentos total e parcial. Os sombreamentos parciais possuem uma variação dos mesmos ângulos, tendo o ponto de partida da contagem da angulação o centro exato da abertura. O sombreamento parcial nas cartas solares garante proteção de 50% da área da janela. Segue uma imagem representativa dos casos que são analisados nesse estudo.

Figura 15 - Croqui genérico de um sombreamento típico, demonstrando como é feita as medições de angulações



Fonte: Apostila Desempenho Térmico de Edificações (LAMBERTS *et al*, 2016)

Figura 16 – Representações esquemáticas das aberturas da fachada norte, com suas cartas solares e seus respectivos sombreamentos.



Fonte: Autoria Própria

As conclusões a serem tiradas da imagem anterior são:

1. Os sombreamentos gerados pelos toldos retráteis de 75 e 50cm de profundidade com um excesso lateral de 15cm para cada lado forneceriam uma proteção adequada suficiente para o clima de tanto Lages quanto para Florianópolis.
2. Pode ser observado que nas metades do ano mais frias (junho a dezembro), com uma temperatura mais amena, faz com que o sol e suas radiações sejam bem vindas, pois forneceriam calor à edificação. Logo o correto nessa situação seria recolher o toldo.
3. Para determinação dos ângulos, foi considerado um sombreamento reto, quando na realidade existe uma inclinação nos toldos, como mostra na figura 17. Abaixo uma imagem de um toldo tradicional

Figura 17 – Imagem de um toldo retrátil.

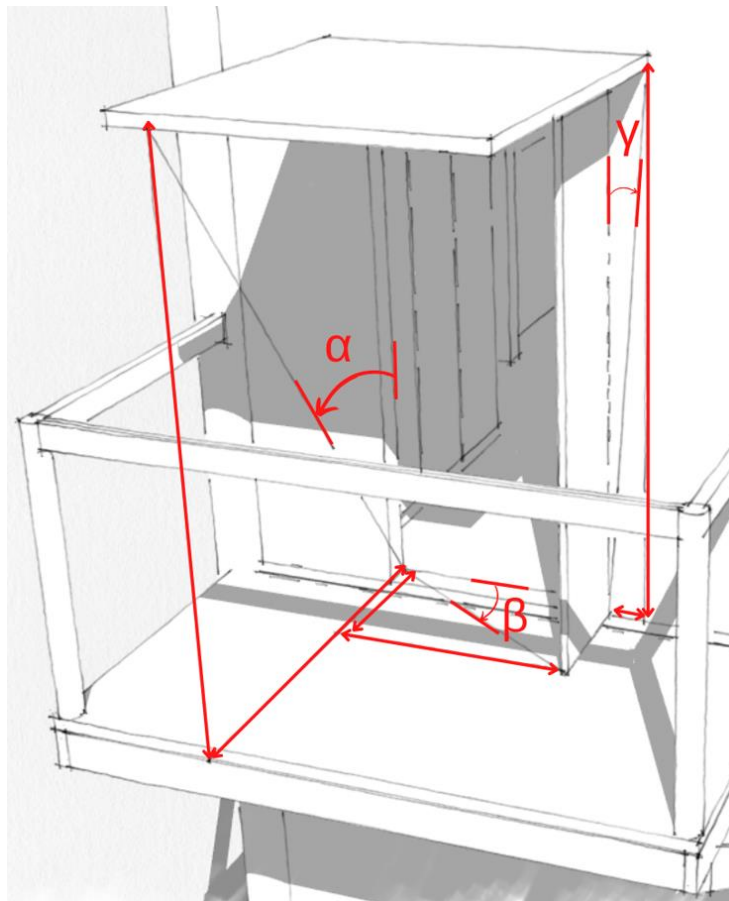


Fonte: Google Imagens.

### 3.1.2.2 SOMBREAMENTO NA FACHADA LESTE

A mesma análise será feita para a fachada leste, porém com uma consideração adicional, a porta de quatro folhas das varandas, duas que abrem para dentro e duas para fora. As folhas que abrem para fora fornecem um sombreamento adicional. A medição desse sombreamento também é feita por dimensões que se traduz em um ângulo  $\beta$ , que inserido no programa *Sol-Ar*, é considerado e calculado na carta solar. O ângulo é medido no plano horizontal, do ponto mais interno do marco da porta até ponta da folha oposta, no ponto mais distante medido do marco do mesmo lado. A figura 17 demonstra o que foi dito.

Figura 18 - Esquema ilustrando os ângulos  $\alpha$ ,  $\gamma$  e  $\beta$  em uma porta.

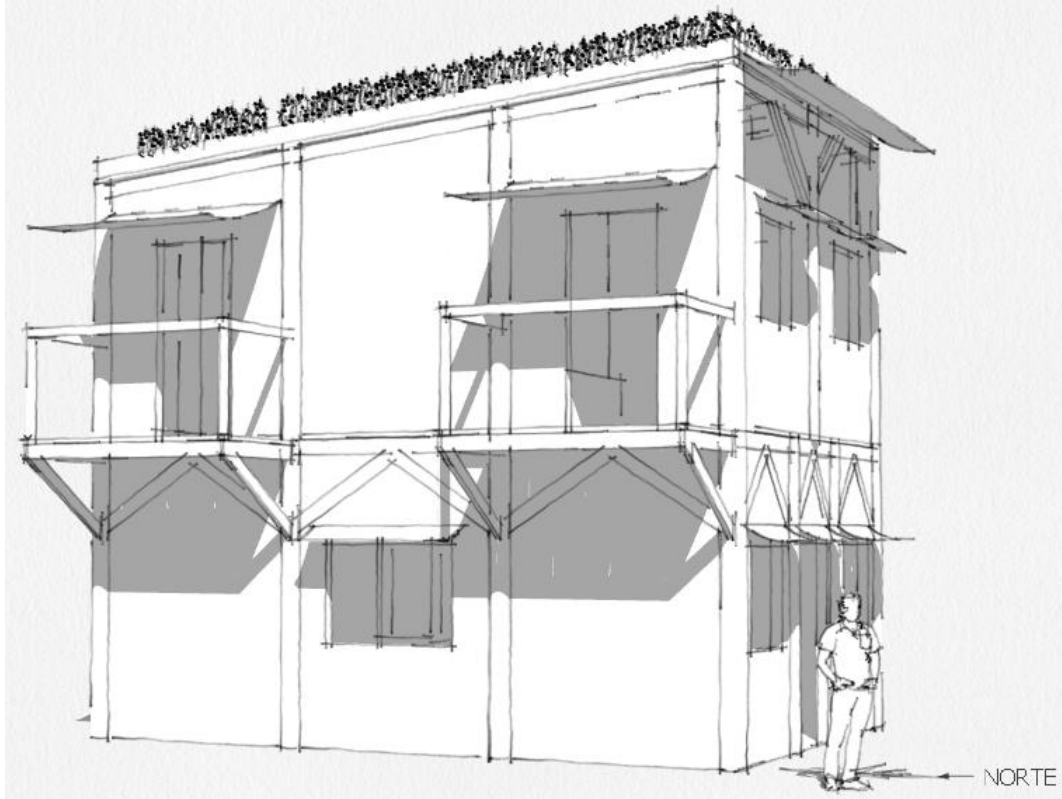


Fonte: Autoria Própria

Apesar disso, o ângulo  $\beta$  não foi considerada na análise das máscaras de sombras, pelo fato de que a porta não é um elemento de sombreamento típico.

Segue uma imagem de uma simulação que os raios solares teriam na edificação, mais especificamente na fachada leste

Figura 19 - Simulação da influência do sol na fachada leste, aproximadamente às 10h, no início do mês de maio

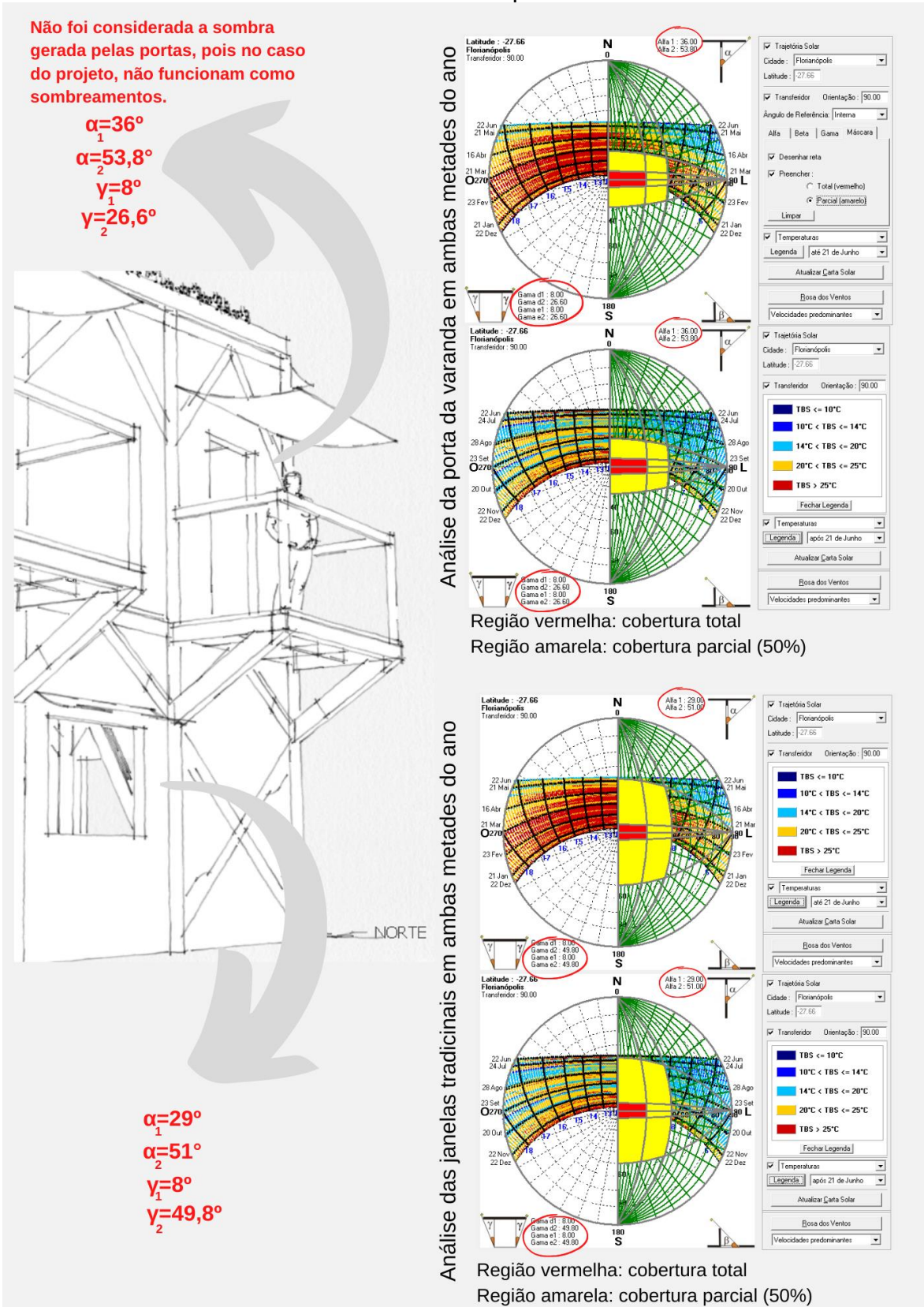


Fonte: Autoria Própria

Segue agora a figura que evidencia os estudos das aberturas da fachada leste.



Figura 20 – Representações esquemáticas das aberturas da fachada leste, com suas cartas solares e seus respectivos sombreamentos.

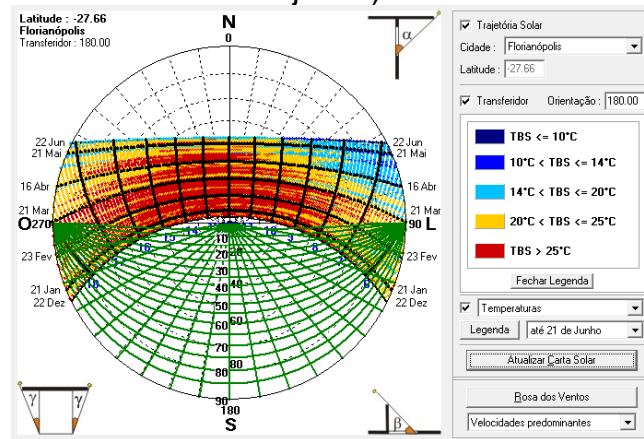


Fonte: Autoria Própria

### 3.1.2.3 SOMBREAMENTO NA FACHADA SUL

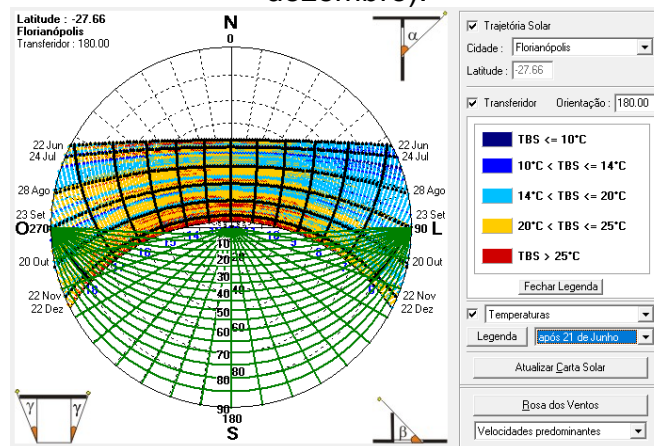
As cartas solares das fachadas leste seguem abaixo:

Figura 21 – Carta solar de Florianópolis, na metade mais quente do ano (janeiro a junho).



Fonte: Autoria Própria

Figura 22 – Carta solar de Florianópolis, na metade mais fria do ano (junho a dezembro).



Fonte: Autoria Própria

Constata-se que, qualquer tipo sombreamento aqui foi descartado. O mesmo é eficiente somente contra insolações diretas vindas de frente ou de cima, o que não acontece na fachada sul. Somente a proteção lateral teria eficiência para esse caso, sendo que uma proteção tradicional, como o toldo não serviria para proteger a casa de raios solares diretos. A proteção lateral vem das duas folhas opacas, que abrem pra fora. Porém, mesmo que instaladas, elas trariam proteção de radiações solares ou das primeiras horas do dia ou das finais. Essas insolações possuem pouco calor,

como pode ser conferido nas cartas solares. Foi optado então em não utilizar de sombreamentos na fachada sul

### 3.1.3 VENTILAÇÃO NATURAL

A primeira análise a ser feita é a direção e intensidade dos ventos locais. Analisando os gráficos disponíveis na seção 'Informações Climáticas - Rosa dos Ventos', pode ser visto que os ventos, possuem uma distribuição uniforme de frequência. A velocidade é menos intensa do que Florianópolis por exemplo. A intensidade dos ventos será considerada somente na simulação térmica.

Outro fator importante para garantia de obter máxima ventilação natural é o tipo de abertura que a janela fornece. Considerando isso, é essencial escolha de janelas que forneçam uma abertura para maximizar a área útil de ventilação, como janelas do tipo Camarão e janelas de duas folhas de abrir. Seguem fotos exemplificando cada tipo de janela.

Figura 23 – Janela do tipo Camarão, em madeira.



Fonte: Google Imagens.

Figura 24 – Janela do tipo Quatro Folhas, duas de vidro e duas venezianas.



Fonte: Google Imagens.

Uma análise por software será apresentada nos capítulos seguintes.

### 3.1.4 VEDAÇÕES HORIZONTAL E VERTICAL

As vedações, vertical e horizontal, são os fatores que mais contém a temperatura da área externa, que ameaçam o conforto interno de uma residência. Para o telhado, foi escolhido uma técnica construtiva disponível no mercado, o Telhado Verde, e nesse caso será utilizado o de uso extensivo, que limita sua espessura de substrato na faixa de 5 à 15 cm.

A confirmação de que essa técnica possui grande custo benefício é proveniente de dois estudos elaborados pela UFSC. O primeiro se chama “Análise Experimental do Comportamento Térmico do Telhado Verde Extensivo para Florianópolis” (LIZ, 2016). O outro é a Casa Eficiente (LAMBERTS et al., 2010), elaborado pelo LABEEE. O telhado verde, que possui solo, vegetação e consequentemente umidade, faz do telhado um organismo vivo, que respira, resiste insolação e transpira. As plantas no telhado, assim como plantas em qualquer lugar, realizam sua troca gasosa, produzindo o oxigênio, protegem o solo da radiação solar, mantendo sua umidade e eventualmente perdem água, em dias muito quentes. A evaporação de água é a característica mais relevante ao estudo. O calor que seria introduzido à edificação caso não houvesse água, agora tem sua energia térmica utilizada para esquentar as gotículas de água e consequentemente, evaporá-las. Essa

proteção extra é relevante na transferência de calor para a parte interna de uma edificação.

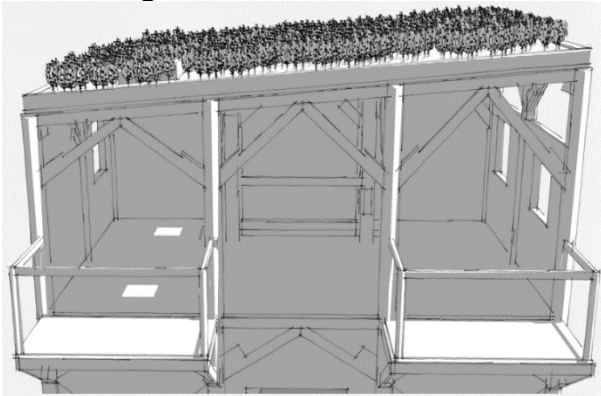
.

### **3.1.5 SISTEMAS COMPLEMENTARES**

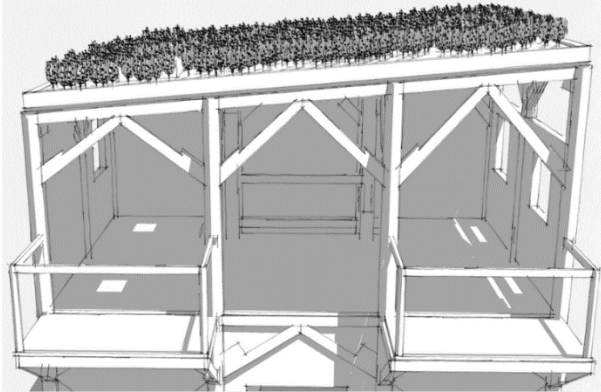
Serão instaladas duas claraboias na cobertura, que ficarão mais próximas da fachada sul, considerando que a fachada norte já possui uma grande janela, de cerca de 80cm de altura, com uma largura que vai praticamente de fora a fora, que sempre será referenciada como janela mezanino. Seguem imagens de como esses três elementos interferem de maneira positiva no objetivo de permitir entrada de raios solares. Foram simulados todos os meses do ano, sempre ao meio dia. O objetivo foi o de esclarecer como e quando raios solares entram diretamente na edificação.

Figura 25 Influência do sol no ambiente interno (janeiro a abril)

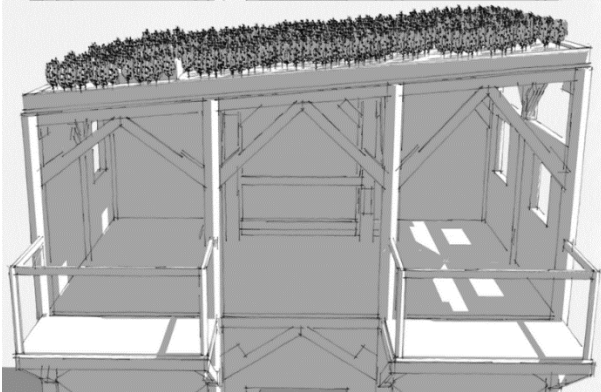
Perspectiva leste da edificação, desconsiderando as paredes externas do segundo pavimento e também as paredes internas. Análises entre os meses janeiro e abril



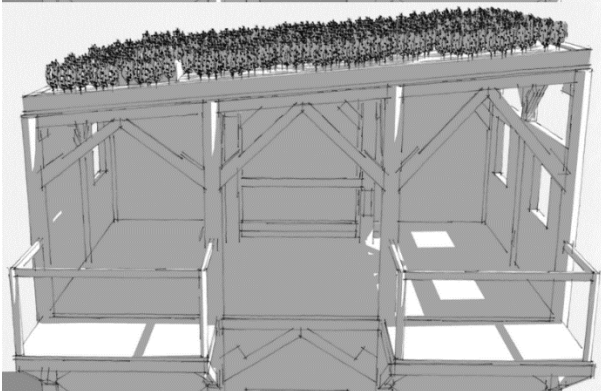
Janeiro, às 12h.



Fevereiro, às 12h.



Março, às 12h.

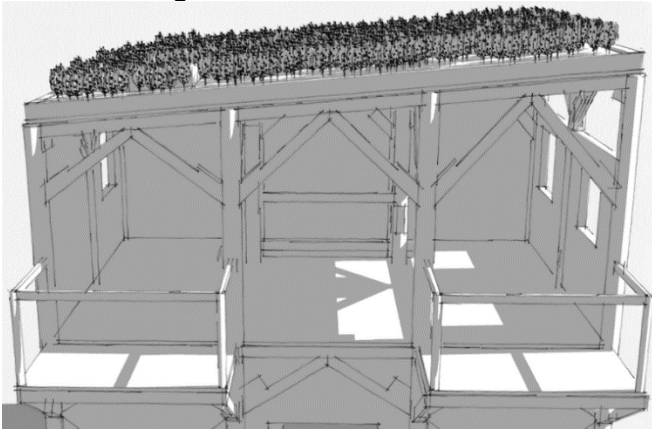


Abril, às 12h.

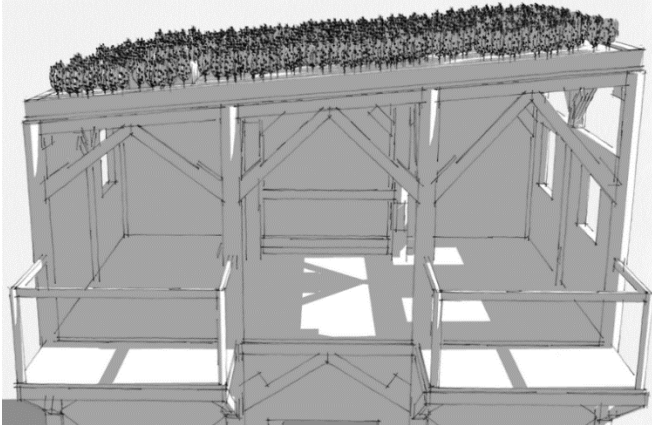
Fonte: Autoria própria.

Figura 26 – Influência do sol no ambiente interno (maio a agosto)

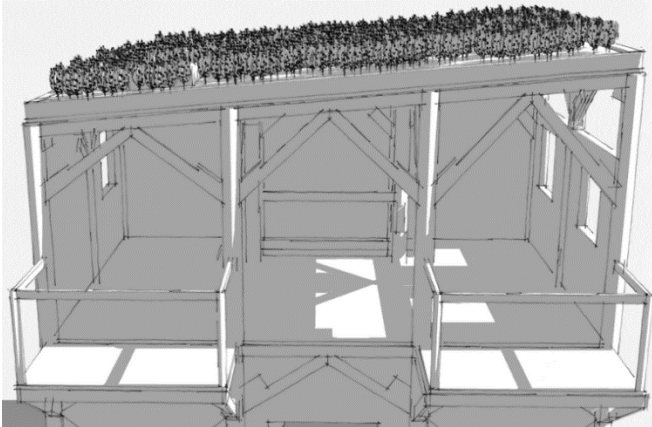
Perspectiva leste da edificação, desconsiderando as paredes externas do segundo pavimento e também as paredes internas. Análises entre os meses maio e agosto.



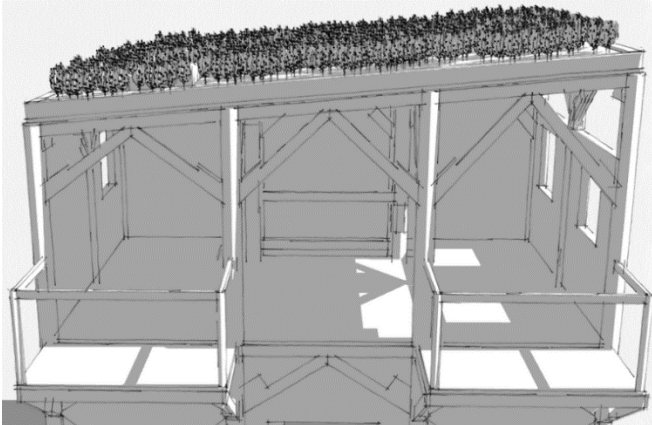
Maio, às 12h.



Junho, às 12h.



Julho, às 12h.

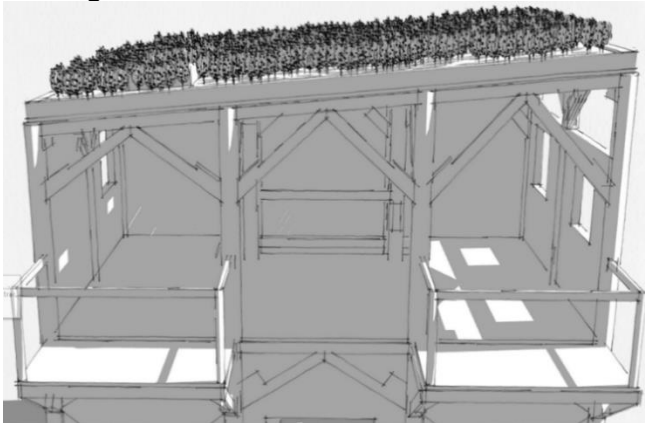


Agosto, às 12h.

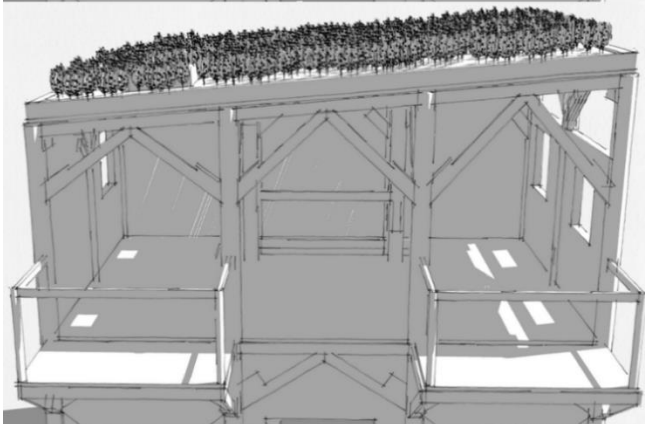
Fonte: Autoria própria.

Figura 27 – Influência do sol nos ambientes internos (setembro a dezembro)

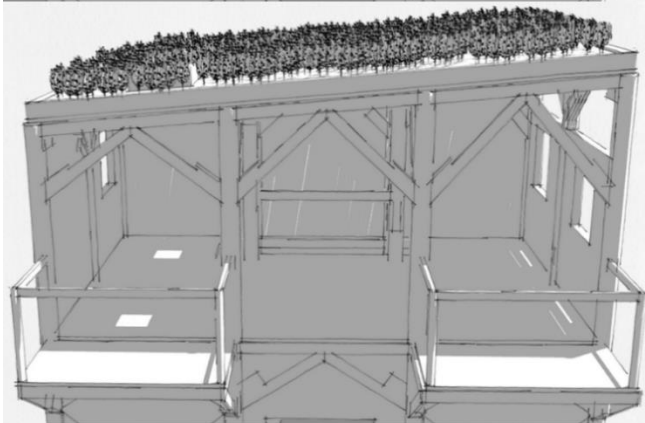
Perspectiva leste da edificação, desconsiderando as paredes externas do segundo pavimento e também as paredes internas. Análises entre os meses setembro e dezembro.



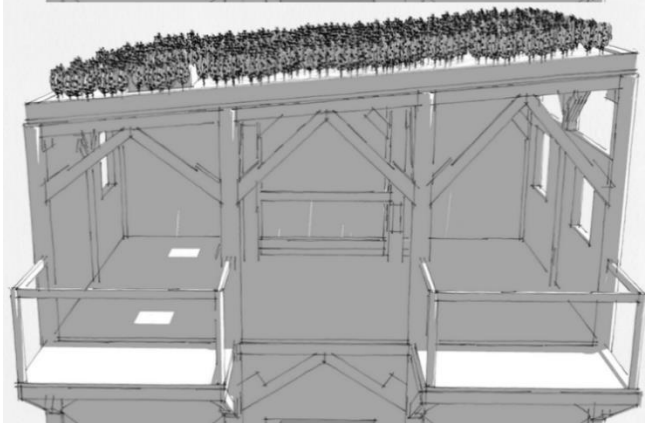
Setembro, às 12h.



Outubro, às 12h.



Novembro, às 12h.



Dezembro, às 12h.

Fonte: Autoria própria.



Verifica-se visualmente a relação do ângulo do sol em relação ao azimute e a radiação solar direta para a região interna da edificação.

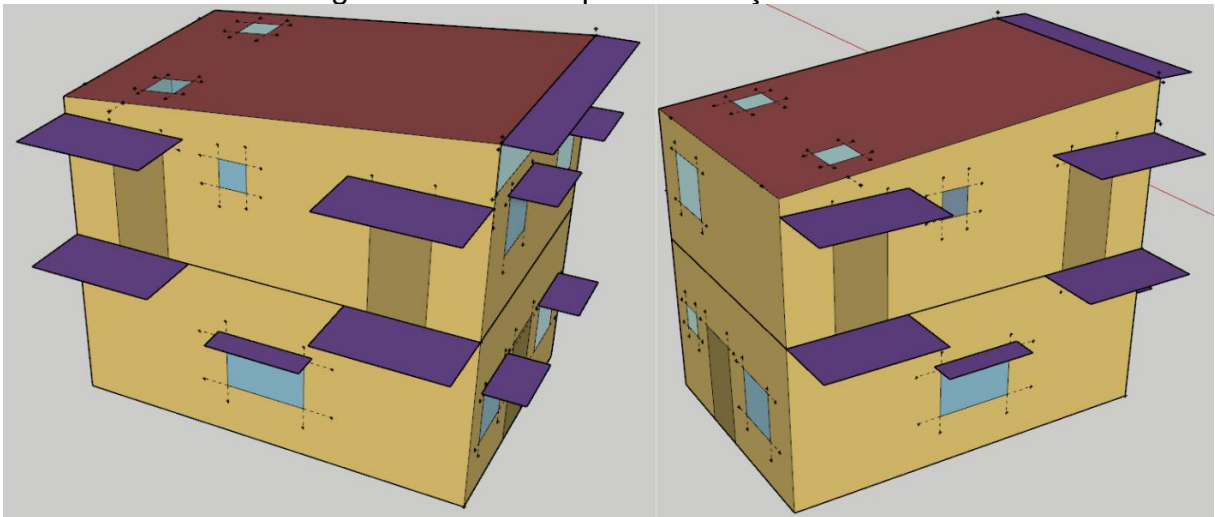
### 3.1.6 SIMULAÇÃO TÉRMICA

A fim de se verificar que a combinação dos elementos é benéfica, foi utilizada de softwares para simular a edificação em acordo com suas características geométricas e qualitativas dentro das condições ambientais específicas do estudo.

Para fazê-lo, são necessárias características arquitetônicas e características dos materiais utilizados. Destaca se então novamente, os principais materiais utilizados: o bloco de solo-cimento e o telhado verde.

A primeira etapa é a elaboração de um modelo no *software SketchUp Make 2017* utilizando a extensão *Euclid (2017)*. Segue uma imagem do modelo nos padrões aceitáveis pelo software de simulação térmica. O mesmo é relativamente simples. Com orientação do prof. Rayner Maurício, disponibilizada em aula e também extracurricularmente, foi possível criar o modelo a seguir.

Figura 28 - Modelo para simulação térmica



Fonte: Autoria própria

Destacar que o modelo deve ser dividido em zonas térmicas. Cada zona térmica representada por um ambiente. As zonas para esse modelo são:

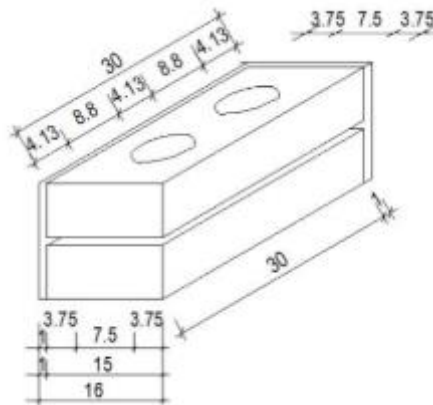
- Sala e Cozinha
- Banheiro do pavimento inferior

- Corredor
- Quarto suíte
- Banheiro do quarto suíte
- Quarto extra

O modelo só considera zonas ambientes fechados, logo a varanda não pode ser considerada uma, logo ela age somente como um tipo de sombreamento, por isso as varandas possuem a mesma cor do que representam os toldos, a cor roxa. Outra simplificação desse modelo é a não existência das paredes da claraboia. As paredes precisam existir no projeto final, pois são elas que limitam o conteúdo do telhado verde para o acesso dos raios solares. Aqui elas não foram consideradas. Outra simplificação do modelo é o fato de o mesmo não considerar o vão das escadas. Na realidade, esse vão realiza uma troca de ar considerável e o modelo, se feito de maneira detalhada, poderia ser inserido. Porém, foi decidido simplificar e retirar o detalhe. Lembrar que o modelo deve ter todas as suas paredes internas desenhadas, a fim de que o modelo simule as situações com as mesmas com as portas que conectam tais ambientes abertas e fechadas.

Uma vez que o modelo é desenhado, deve inserir as características dos materiais. Como dito anteriormente, todas as paredes serão de blocos de solo-cimento e a cobertura, o telhado vegetado mais conhecido como telhado verde. A inserção dos dados do bloco solo-cimento teve que ser emprestada de outra pesquisa científica, para garantir coerência nos dados. Os mesmos foram retirados do trabalho “Contribuição no estudo de propriedades do solo cimento para o desempenho térmico das edificações na zona bioclimática 6” (DIDONÉ, 2016). Os blocos de solo cimento desse estudo em particular possuem as seguintes dimensões:

Figura 29 - Perspectiva do elemento isolado.



Fonte: DIDONÉ, 2016.

As características encontradas pela autora, e as características que serão usadas no modelo desse estudo são as seguintes:

- Densidade  $\rho$ :  $1890 \text{ kg/m}^3$ ;
- Condutividade térmica  $\lambda$ :  $0,38 \cdot \text{W/m} \cdot \text{K}$ ;
- Calor específico  $c$ :  $1,30 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K}$ .

Com esses valores, pode ser achado a capacidade térmica (CT) do elemento, que possui a seguinte fórmula:

$$CT = \sum d_i \cdot c_i \cdot \rho_i \quad (1)$$

Sendo que:

- $d$  é a espessura do elemento em (metro);
- $C$  é o calor específico do material ( $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ );
- $\rho$  é a densidade de massa aparente ( $\text{kg/m}^3$ );

Para achar a Transmitância ( $U$ ) do elemento, deve-se utilizar da seguinte fórmula adaptada a caso em análise:

$$U = \lambda/d \quad (2)$$

Sendo que:

- $d$  é a espessura do elemento:

- $\lambda$  é a condutividade térmica do elemento.

Pelo formato do bloco solo-cimento, o mesmo é classificado como não homogêneo. Nesses casos, existe um processo para se determinar a transmitância e capacidade térmica desses elementos. O processo envolve as seguintes fórmulas:

$$R_{tot,q} = R_{SI} + R_1 + R_2 + \dots + R_j + R_{SE} \quad (3)$$

$$1/R_{tot,upper} = f_a/R_{tot a} + f_b/R_{tot b} + \dots + f_q/R_{tot q} \quad (4)$$

Onde:

- $f_a, f_b, \dots, f_q$  são as áreas fracionadas de cada seção (soma igual a 1);
- $R_{tot a}, R_{tot b}, \dots, R_{tot q}$ , são os valores de resistência térmica total de cada seção não homogênea, em  $m^2K/W$ .

$$1/R_j = f_a/R_{a j} + f_b/R_{b j} + \dots + f_q/R_{q j} \quad (5)$$

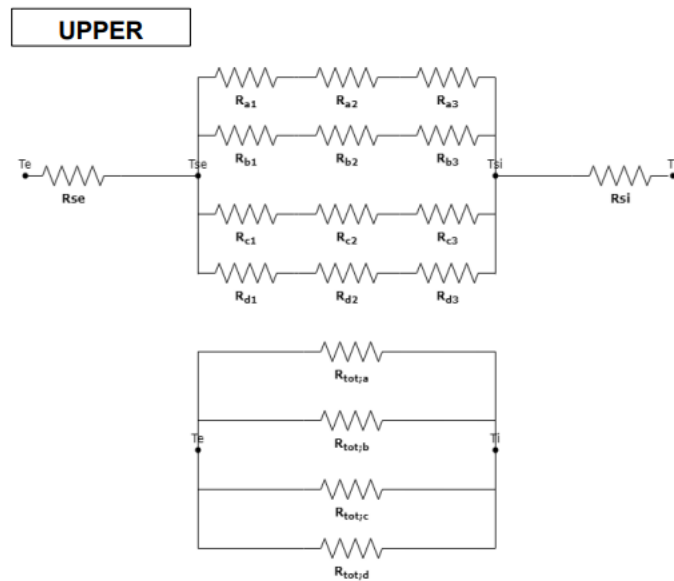
$$R_{tot lower} = R_{SI} + R_1 + R_2 + \dots + R_j + R_{SE} \quad (6)$$

Onde:

- $R_{a j}, R_{b j}, \dots, R_{q j}$ , são os valores de resistência térmica total de cada seção não homogênea, em  $m^2K/W$ .

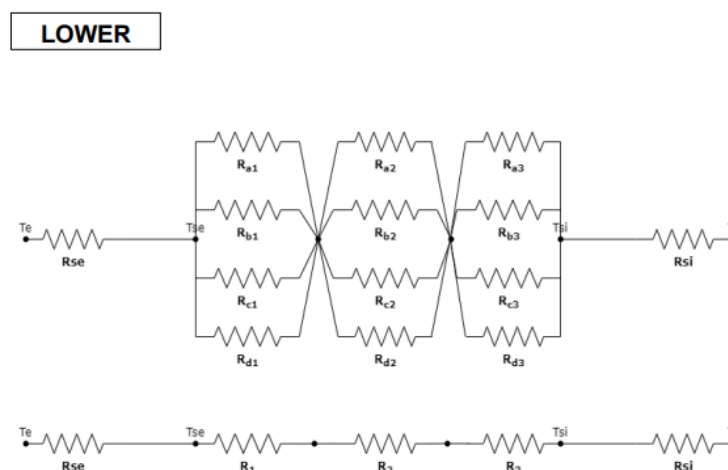
Essas fórmulas podem ser visualizadas da seguinte forma:

Figura 30 - Resistência total Upper



Fonte: ABNT NBR 15220-2:2022, adaptado.

Figura 31 - Resistência total Lower



Fonte: ABNT NBR 15220-2:2022, adaptado.

As contas foram feitas por planilhas e foram direcionadas ao Apêndice A. Os resultados contidos no apêndice B serão utilizados na etapa de caracterizar os elementos ‘paredes externas’ e ‘paredes internas’, numa das etapas da simulação computacional.

Os elementos do telhado verde precisam ser inseridos no software de acordo com suas características e espessuras, de acordo com o modelo utilizado. Para o mesmo, foi a técnica mais comum, sem uso de tecnologias novas, somente a laje, uma camada de regularização, manta asfáltica, outra camada de regularização e

proteção, o material drenante, no caso argila expandida, uma manta permeável (para impedir entupimentos da argila expandida), e por último, o substrato e a vegetação.

Agora, deve-se ir no *EnergyPlus (2023)*, software criado Departamento de Energia dos Estados Unidos, e modelar as camadas do telhado verde, de acordo com seus materiais e espessuras. As camadas seguem, como mencionado anteriormente, já inseridos no software, na figura 32 abaixo. Lembrar que na figura a seguir, estão somente os tipos as camadas e suas espessuras.

Figura 32 - Inserção das camadas e suas características no software *EnergyPlus*

Field	Units	Obj1	Obj2	Obj3	Obj4	Obj5
Name		C8_camada_drenante	C8_camada_filtante	C8_camada_impermeabiliz	C8_concreto_05cm_abs06	camada regularizacao
Roughness		Rough	Rough	Rough	Rough	Rough
Thickness	m	0,10	0,005	0,01	0,05	0,02
Conductivity	W/m-K	0,08	0,1	0,17	1,75	1,75
Density	kg/m3	800	160	1200	2200	2200
Specific Heat	J/kg-K	920	2500	920	1000	1000
Thermal Absorptance		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Solar Absorptance		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Visible Absorptance		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Fonte: *Energy Plus*.

Após essa etapa, deve-se modelar o substrato. O documento que permite essa etapa se chama “*Input Output Reference*” (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2021). Segue uma imagem que mostra o setor de inserção de dados:

Figura 33 - Inserção de dados do telhado verde

Field	Units	Obj1
Name		C8_BaseEco
Height of Plants	m	0,1
Leaf Area Index	dimensionless	5
Leaf Reflectivity	dimensionless	0,2
Leaf Emissivity		0,95
Minimum Stomatal Resistance	s/m	180
Soil Layer Name		EcoRoofSoil
Roughness		MediumSmooth
Thickness	m	0,08
Conductivity of Dry Soil	W/m-K	0,35
Density of Dry Soil	kg/m3	1100
Specific Heat of Dry Soil	J/kg-K	1200
Thermal Absorptance		0,9
Solar Absorptance		0,7
Visible Absorptance		0,7
Saturation Volumetric Moisture Content of the Soil Layer		0,3
Residual Volumetric Moisture Content of the Soil Layer		0,01
Initial Volumetric Moisture Content of the Soil Layer		0,1
Moisture Diffusion Calculation Method		Simple

Fonte: *Energy Plus*.

Vale destacar que os únicos valores que foram alterados foram a altura das plantas (*Height of Plants*) e a espessura da camada (*Thickness*). Todos os outros valores são padrão, ou *default*, como menciona o documento. Para mais informações sobre os significados de cada índice apresentado na figura anterior, verificar o documento mencionado no capítulo anterior.

Depois é configurado a disposição dos elementos entre si. As camadas estão na mesma disposição da figura 44. Segue uma imagem refletindo esse processo.

Figura 34 - Camadas do telhado verde.

Field	Units	Obj1
Name		C8_cob
Outside Layer		C8_BaseEco
Layer 2		C8_camada_filtrante
Layer 3		C8_camada_drenante
Layer 4		camada regularizacao
Layer 5		C8_camada_impermeabiliza
Layer 6		camada regularizacao
Layer 7		C8_concreto_05cm_abs06
Layer 8		
Layer 9		
Layer 10		

Fonte: *Energy Plus*.

Deve-se inserir os dados geográficos do local, com suas respectivas informações climáticas. Os dados foram obtidos pelo site filial da Universidade de Berkeley, intitulado *CBE Clima Tool* (2022). CBE é a sigla de *Center for the Built Environment*.

Segue uma imagem do dito site:

Figura 35 - Localizações com informações climáticas disponíveis




















Fonte: Autoria própria

Devido à falta de dados de cidades interioranas do estado, será avaliada a cidade de Lages, no quesito climático, e não a região exata da localização do terreno em análise.

Outra informação necessária, é a absorvância solar, que é a razão entre a energia solar absorvida por uma superfície, e a energia total incidente sobre a mesma. Essa variável adimensional está relacionada diretamente com a cor do elemento. Aqui seguem algumas cores relativas à tinta acrílica fosca, retirada do material de ensino da disciplina de desempenho térmico de edificações:



Figura 36 - Absortância Solar (%)

Tipo	Número	Cor	Nome	$\alpha$
Acrílica Fosca	01		Amarelo Antigo	51,4
	02		Amarelo Terra	64,3
	03		Aroeira	44,9
	04		Azul	73,3
	05		Azul Imperial	66,9
	06		Branco	15,8
	07		Branco Gelo	37,2
	08		Camurça	57,4
	09		Concreto	74,5
	10		Flamingo	49,5
	11		Jade	52,3
	12		Marfim	33,6
	13		Palha	36,7
	14		Pérola	33,0
	15		Pêssego	42,8
	16		Tabaco	78,1
	17		Terracota	64,6

Fonte: INMETRO, 2017.

Serão feitas duas análises, uma na cor Tabaco, que mais se aproxima a coloração natural do bloco solo-cimento, e outra na cor branca.

Outras informações necessárias são o tipo de laje e suas características. Será considerado a laje pré moldada, de 12 cm de espessura total para as lajes térreo e do segundo pavimento, apesar de que a laje do segundo pavimento também tenha 5 cm de espessura, e não tenha a presença de isopor (EPS). Será feita essa consideração no objetivo de simplificar a análise. Para analisar a figura 37 e 38, seguem definições contidas na imagem:

- Resistência representa um impedimento de troca de calor por convecção;
- Transmitância é a taxa de transferência de calor através da matéria;
- Atraso Térmico é o “tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor” (MME, 2023);
- Capacidade Térmica é a relação entre quantidade de energia necessária para um trecho de matéria ter sua temperatura alterada.

Na figura 37, dados da laje utilizada na simulação computacional.

Figura 37 - Laje pré moldada com EPS com 12 cm de espessura total



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2023.

Outro elemento que precisa ser averiguado, é a vidraçaria das aberturas. Será considerado o vidro mais comum e menos custoso para o projeto, já que esse é o padrão nas casas de renda média no Brasil. Segue a definição de fator solar e na figura 38, dados do vidro considerado na simulação computacional.

- Fator solar é razão entre a quantidade de radiação solar que atravessa e a que incide na janela.

Figura 38 - Vidro comum 6 mm de espessura



Fonte: Ministério de Minas e Energia, 2023.

Outra informação sobre as aberturas, é o fator de ventilação, variável também adimensional, que varia entre 0 e 1. O fator de ventilação representa o percentual da área de janela que efetivamente permite passagem direta de ar. Como mencionado anteriormente, será utilizado janelas-camarão, que possuem abertura quase que total. O fator de ventilação considerado na análise será de 0,95.

Uma vez que os dados são colhidos, deve-se ir no programa *EzePlus* e inserir os dados necessários. Agora segue uma imagem do último site mencionado com

dados não relativos a esse estudo, mas sim dados do modelo de referência da ABNT NBR 15575.

Figura 39 – EzePlus, com dados do modelo de referência, de acordo com a NBR 15575.

**EZePlus | NBR 15575**

**DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS**

**CLIMA**

ACESSAR → CBE CLIMA TOOL

**IMPORTAR IDF**

Selecionar modelo

<p><b>COBERTURA</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Absortância Térmica [0-1]</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">0.65</td></tr> <tr><td>Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">2.06</td></tr> <tr><td>Capacidade Térmica (kJ/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">229</td></tr> </table> <p><b>PAREDE INTERNA</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">4.4</td></tr> <tr><td>Capacidade Térmica (kJ/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">220</td></tr> </table> <p><b>VIDRO</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">5.7</td></tr> <tr><td>Fator Solar do Vidro [0-1]</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">0.87</td></tr> </table> <p><b>FATOR DE VENTILAÇÃO</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Sala [0-1]</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">0.45</td></tr> <tr><td>Dormitório [0-1]</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">0.45</td></tr> </table>	Absortância Térmica [0-1]	0.65	Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	2.06	Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	229	Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	4.4	Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	220	Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	5.7	Fator Solar do Vidro [0-1]	0.87	Sala [0-1]	0.45	Dormitório [0-1]	0.45	<p><b>PAREDE EXTERNA</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Absortância Térmica [0-1]</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">0.58</td></tr> <tr><td>Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">4.4</td></tr> <tr><td>Capacidade Térmica (kJ/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">220</td></tr> </table> <p><b>PISO</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Transmitância Térmica (W/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">4.4</td></tr> <tr><td>Capacidade Térmica (kJ/m<sup>2</sup>K)</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">220</td></tr> </table> <p><b>VENEZIANA</b></p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Sala</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">Sem</td></tr> <tr><td>Dormitório</td><td style="border: 1px solid #ccc; text-align: center;">Sem</td></tr> </table> <p><b>SOMBREAMENTO</b></p> <p><input checked="" type="radio"/> Remover <input type="radio"/> Manter</p>	Absortância Térmica [0-1]	0.58	Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	4.4	Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	220	Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	4.4	Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	220	Sala	Sem	Dormitório	Sem
Absortância Térmica [0-1]	0.65																																
Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	2.06																																
Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	229																																
Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	4.4																																
Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	220																																
Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	5.7																																
Fator Solar do Vidro [0-1]	0.87																																
Sala [0-1]	0.45																																
Dormitório [0-1]	0.45																																
Absortância Térmica [0-1]	0.58																																
Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	4.4																																
Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	220																																
Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> K)	4.4																																
Capacidade Térmica (kJ/m <sup>2</sup> K)	220																																
Sala	Sem																																
Dormitório	Sem																																

Fonte: Tutorial do EZePlus – NBR 15575.

Observa-se que deve ser inserido as informações climáticas da região, o modelo da edificação e por últimos, as características dos elementos construtivos. O elemento cobertura exigem três características a serem inseridas. Porém, foi utilizado o telhado vegetado, que possui configurações complexas, que o programa *EzePlus* não é capaz de analisar somente pelos fatores absorvância térmica, transmitância térmica e capacidade térmica. Por esse motivo, foi feita a análise do componente pelo *software EnergyPlus*. O modelo criado já possui as informações necessárias do telhado vegetado. Então, para essa análise, valores inseridos nas caixas referentes à

cobertura são desnecessários. O programa *EzePlus* é capaz de perceber características externas criadas no modelo e relevar os quesitos Absortância Térmica, Transmitância Térmica e Capacidade Térmica presentes nas três primeiras caixas de inserção de valores.

Os valores utilizados nas caixas de dados foram:

- Parede Externa
  - Absortância térmica (0-1): 0,781 (1ª análise)  
0,158 (2ª análise)
  - Transmitância Térmica ( $W/m.K$ ): 1,95
  - Capacidade térmica ( $kJ/m^2.K$ ): 235,05
- Parede Interna
  - Transmitância Térmica ( $W/m.K$ ): 1,95
  - Capacidade térmica ( $kJ/m^2.K$ ): 235,05
- Piso
  - Transmitância Térmica ( $W/m.K$ ): 1,8
  - Capacidade térmica ( $kJ/m^2.K$ ): 132
- Vidro
  - Transmitância Térmica ( $W/m.K$ ): 5,7
  - Fator Solar (0-1): 0,87
- Fator de Ventilação (0-1): 0,95
- Sombreamento: Manter

Uma vez preenchidos com os dados recém mencionados e algumas etapas de considerar a casa em ambos estados de uso somente com ventilação natural e com refrigeração artificial (ar condicionado) separadamente, se obtém diversos resultados que são de extrema importância para uma análise de uma edificação. Como não é o caso, será considerado somente os resultados mais fáceis de serem explicados e interpretados. Os resultados são:

Tabela 2 – Resultados da Análise Térmica

Referência sem sombreamento								
APP	PHFT (%)	PHiFT (%)	PHsFT (%)	$CGT_{Tot}$ (kWh)	$CGT_{Aquec}$ (kWh)	$CGT_{Resf}$ (kWh)	TOmín (°C)	TOmáx (°C)
Sala	64,66	22,02	13,32	1213	689	524	10,77	30,39
Dorm 01	60,93	32,49	6,58	960	758	202	6,58	31,35
Dorm 02	55,56	30,44	14	744	483	261	7,02	32,32
UH	60,38			2917			6,58	32,32
Simulação na Cor Branca								
APP	PHFT (%)	PHiFT (%)	PHsFT (%)	$CGT_{Tot}$ (kWh)	$CGT_{Aquec}$ (kWh)	$CGT_{Resf}$ (kWh)	TOmín (°C)	TOmáx (°C)
Sala	68,49	28,1	3,49	1082	947	135	10,19	28,5
Dorm 01	64,63	34,3	1,07	859	816	43	6,93	28,71
Dorm 02	61,84	32,33	5,84	652	526	126	7,35	30,61
UH	64,99			2593			6,93	30,61
Simulação na Cor Tabaco								
APP	PHFT (%)	PHiFT (%)	PHsFT (%)	$CGT_{Tot}$ (kWh)	$CGT_{Aquec}$ (kWh)	$CGT_{Resf}$ (kWh)	TOmín (°C)	TOmáx (°C)
Sala	68,9	8,7	22,4	1577	255	1322	12,77	31,63
Dorm 01	70,68	24	5,32	758	512	246	8,99	31,12
Dorm 02	59,23	17,51	23,26	834	243	591	9,37	33,82
UH	66,27			3169			8,99	33,82

Fonte: Autoria Própria

Onde:

- PHFT é o percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura operativa
  - Temperatura operativa sendo a temperatura uniforme de um ambiente com comportamento de corpo negro imaginário, no qual o ocupante poderia trocar a mesma quantidade de calor por radiação e convecção que no ambiente real não uniforme. A temperatura operativa resume as perdas da temperatura do corpo, que está submetido a um ambiente real com efeitos desiguais por todos os lados. A temperatura operativa é uma temperatura teórica que provoca uma perda de calor equivalente a todos os fenômenos que provocam esta perda caso o corpo estivesse em um ambiente imaginário submetido apenas a uma temperatura homogênea. (LAMBERTS; *et al* 2016)

- PHiFT é o percentual de horas ocupadas onde a temperatura operativa do ambiente é inferior a 18°C
- PhsFT é o percentual de horas ocupadas onde a temperatura operativa está superior a 26, 28 ou 30°C (isso depende da temperatura de bulbo seco média anual do arquivo climático)
- $CGT_{Tot}$  representa a quantidade total de calor, fornecida e/ou retirada do ar, para manter as condições desejadas em um ambiente
- $CGT_{Aquec}$  é a quantidade de calor fornecida ao ambiente para manter a as condições desejadas em um ambiente
- $CGT_{Resf}$  é a quantidade de calor retirada do ambiente para manter a as condições desejadas em um ambiente
- TO MÍN representa o valor de temperatura operativa máxima de cada APP (Ambiente)
- TO MÍN representa o valor de temperatura operativa mínima de cada APP (Ambiente)

Isso significa que, com as paredes externas pintadas na cor branca, em torno de 65% do tempo, a casa como um todo estará em uma temperatura confortável para o(s) morador(es). Dos 35% do tempo restante pode-se esperar mais frio do que calor. Diferente da mesma casa, porém com a cor natural do marrom dos tijolos ecológicos. Nessa condição, o percentual de conforto é inclusive maior, porém nos momentos de desconforto térmico, o motivo do mesmo será temperaturas mais elevadas do que temperaturas baixas. A opção com pintura externa na cor branca é mais interessante, pois o custo de se esquentar um ambiente é muito menor do que esfriá-lo, e essa informação, pelo menos em quantitativos energéticos, é comprovado quando se tem uma carga térmica menor na casa com paredes de cor branca do que com paredes externas na cor tabaco, representando a cor natural do tijolo ecológico.

Deve ser lembrada a não consideração do vão da escada, porém outra deve ser mencionada também. A estrutura em si, que no caso é de madeira. Nessa simulação, todos os elementos internos e externos são de tijolo ecológico. Isso representa uma certa discrepância com a realidade.

### 3.1.6.1 Nível de Desempenho Térmico

Com os dados obtidos, é possível classificar a edificação em nível de desempenho térmico mínimo, intermediário ou superior, de acordo com a norma ABNT NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais.

São necessários valores de referência para se comparar os mesmos quesitos com os valores obtidos pelo modelo real.

Segue uma imagem resumo para classificação de Nível de Desempenho Mínimo.

Tabela 3 - Critérios para classificação de nível de desempenho o mínimo

INDICADOR	MODELO REAL X MODELO DE REFERÊNCIA	
Percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura (PHFT)	Maior que <b>90%</b> do valor da referência	$\Delta Tomáx$ = 2 °C para as UH unifamiliares e UH em edificações multifamiliares localizadas no pavimento de cobertura. = 1 °C para as UH em edificações multifamiliares localizadas nos pavimentos térreo ou tipo.
Temperatura operativa anual máxima (Tomáx)	Menor que a referência + tolerância	
Temperatura operativa anual mínima (Tomín)	Maior que a referência - tolerância	$\Delta Tomín$ = 1 °C para todos os casos.
Carga térmica de refrigeração e aquecimento (CgTR e CgTA)	Não analisada	

**MÍNIMO**

Fonte: ABNT NBR 15575-1, adaptado.

Será apresentado agora uma planilha com os dados de referência e da simulação (modelo real).

Tabela 4 - Comparação dos resultados entre referência e simulação

Referência sem sombreamento								
APP	PHFT (%)	PHiFT (%)	PHsFT (%)	$CGT_{Tot}$ (kWh)	$CGT_{Aquec}$ (kWh)	$CGT_{Resf}$ (kWh)	TOmín (°C)	TOmáx (°C)
Sala	64,66	22,02	13,32	1213	689	524	10,77	30,39
Dorm 01	60,93	32,49	6,58	960	758	202	6,58	31,35
Dorm 02	55,56	30,44	14	744	483	261	7,02	32,32
UH	60,38			2917			6,58	32,32
Simulação na Cor Branca								
APP	PHFT (%)	PHiFT (%)	PHsFT (%)	$CGT_{Tot}$ (kWh)	$CGT_{Aquec}$ (kWh)	$CGT_{Resf}$ (kWh)	TOmín (°C)	TOmáx (°C)
Sala	68,49	28,1	3,49	1082	947	135	10,19	28,5
Dorm 01	64,63	34,3	1,07	859	816	43	6,93	28,71
Dorm 02	61,84	32,33	5,84	652	526	126	7,35	30,61
UH	64,99			2593			6,93	30,61

Fonte: Autoria própria

Pode ser conferido que o PHFT aumentou em aproximadamente 7%, quando seria necessário somente um valor equivalente à 90% do PHFT do modelo de referência e as variações de temperatura são inferiores aos valores exigidas por norma. Há uma melhoria no quesito de carga térmica, diminuindo o valor em 11% aproximadamente. Isso representa uma economia em energia para manter a casa em uma temperatura agradável ao morador em 11%.

A análise demonstra o potencial para a combinação de técnicas construtivas, o bloco de solo-cimento somado ao telhado vegetado. Além de que tenha atendido o quesito de desempenho térmico mínimo, é provável que um estudo mais detalhado consiga melhorar ainda mais o desempenho térmico da edificação. Disposições diferentes das janelas, vidros mais sofisticados, um bloco de solo-cimento com dimensões diferentes, irrigação no telhado vegetado, etc. Essas são algumas possibilidades de verificação que seriam interessantes de serem levadas adiante. Nesse estudo, o foco é o projeto estrutural, então não foi feito isso.

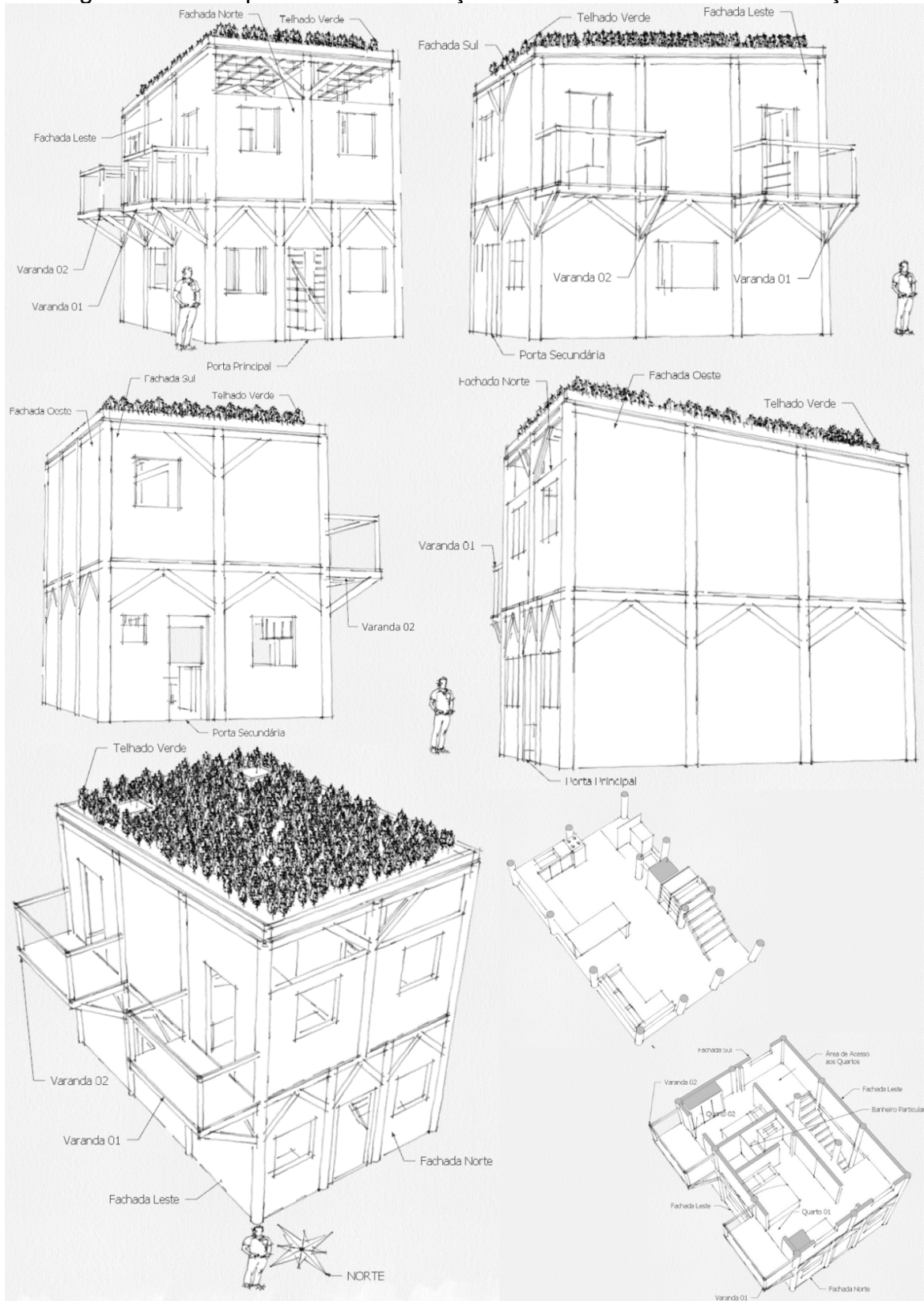
## 4 PROJETO ESTRUTURAL

### 4.1 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL



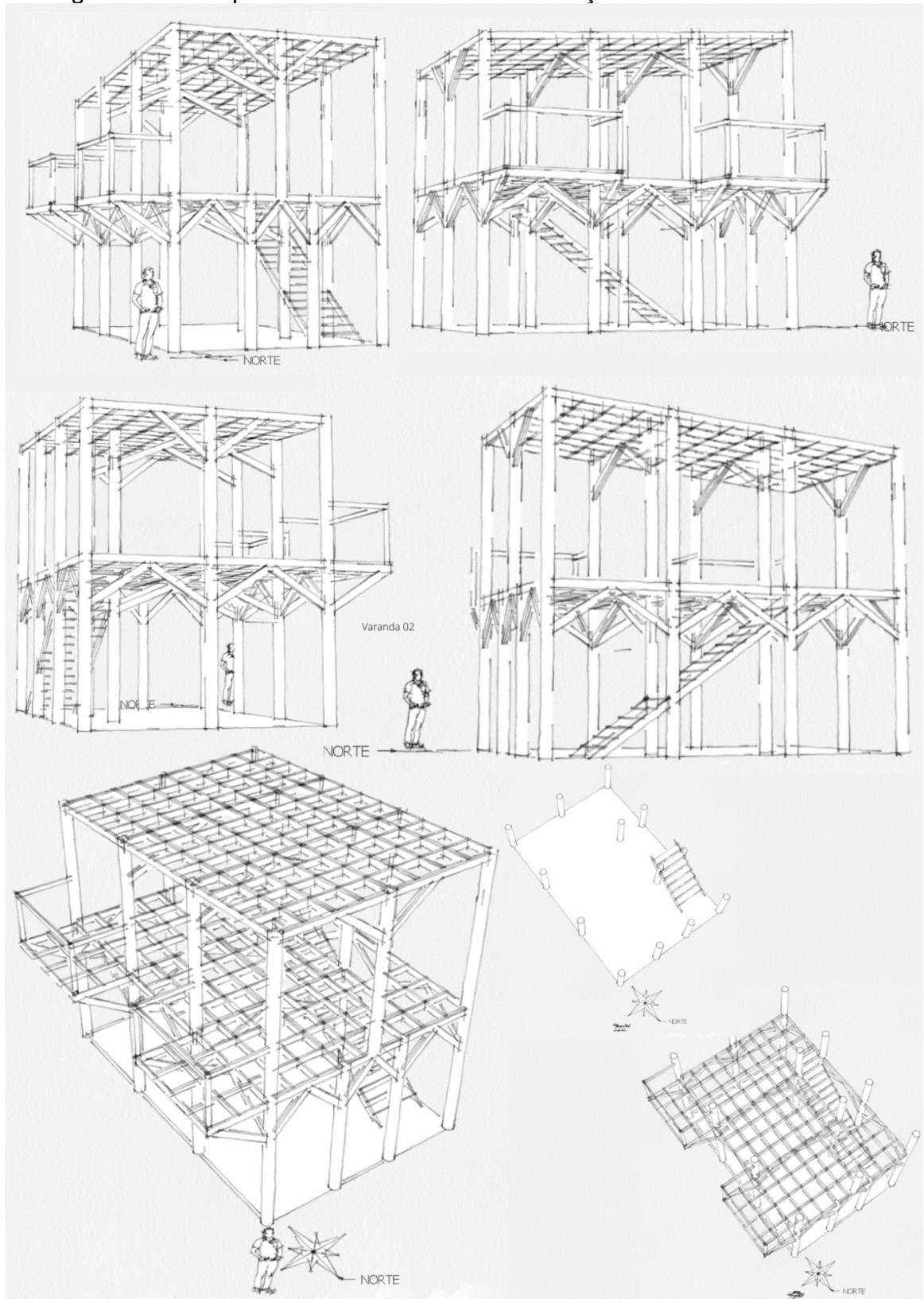
A estrutura principal será composta por vigas, pilares e mãos francesas. A laje é do tipo nervurada, com as nervuras em madeira e uma placa de concreto com espessura de 5 cm. A figura 40 possui diferentes perspectivas da edificação composta pela estrutura, paredes e lajes, e depois na figura 41, dos mesmos ângulos, imagens mostrando somente a estrutura. Em ambas as figuras, as perspectivas norte-leste, leste-sul, sul-oeste, oeste-norte, respectivamente da esquerda pra direita e de cima para baixo simultaneamente. Uma imagem superior, focando nas fachadas norte e leste e por último, dois cortes horizontais, um de cada pavimento.

Figura 40 – Perspectivas da edificação com foco na estrutura e vedação



Fonte: Autoria Própria

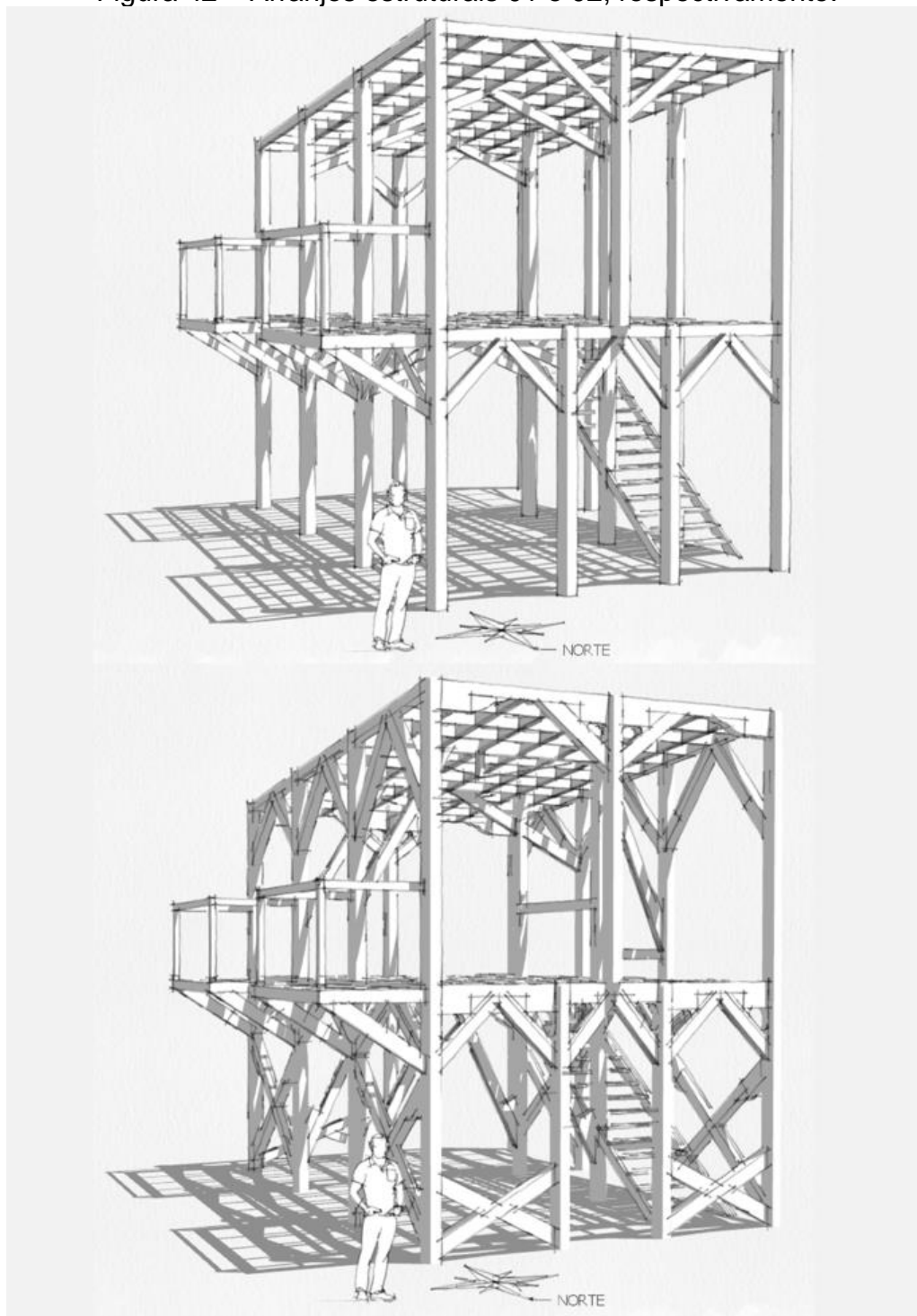
Figura 41 - Perspectivas da estrutura da edificação com foco na estrutura



Fonte: Autoria Própria

Vale destacar que, as duas figuras anteriores são do arranjo estrutural 01, ou seja, houveram mudanças para a estrutura final, o arranjo estrutural 02. Segue uma figura com os dois arranjos.

Figura 42 – Arranjos estruturais 01 e 02, respectivamente.



Fonte: Autoria Própria

## 4.2 LEVANTAMENTO DE CARGAS

Para a fase de dimensionamento, é necessário verificar os esforços que a estrutura deve resistir. As ações são classificadas em três tipos, e cada uma delas possuem suas respectivas fórmulas de cálculo e conseqüentemente coeficientes e valores de variáveis pré-definidos pelas normas brasileiras quando usadas nas combinações para os estados limites. Essa etapa demonstra o passo a passo do processo inicial do levantamento de cargas, para depois partir para aplicação dessas cargas numa estrutura inicial. A ideia é a de ir item a item e por meio de textos resumos no final de cada subcapítulo, apontar o significado de cada trecho e exibir como esse conhecimento será utilizado futuramente.

Serão agora expostos conteúdos de quatro normas brasileiras que são indispensáveis para o processo de levantamento de cargas. As normas são:

- ABNT NBR 6120:2019 - Ações para o cálculo de estruturas
- ABNT NBR 8681:2004 - Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- ABNT NBR 6123:1988 - Forças devido ao vento em edificações
- ABNT NBR 7190:2022 - Projeto de estruturas de madeira - Parte 1: Critérios de dimensionamento

Vale destacar aqui que os materiais não estarão necessariamente na ordem mencionada. Foi escolhido pelo autor um sequenciamento que facilita o entendimento em geral.

Atentar que a NBR 7190, até o início desse estudo, usava critérios de 1997, porém foi atualizada no período dessa análise. Serão utilizados os critérios novos nesse estudo.

#### 4.2.1 Peso específico dos materiais de construção

Nesse trecho são discriminados materiais relevantes ao estudo, seja por que serão utilizados ou para servir de comparação. Esses valores serão utilizados para determinar as ações de peso próprio que a estrutura possui.

Análises comparativas também são feitas entre materiais, principalmente na justificativa de melhorar a escolha de materiais em geral, seja por motivos financeiros, resistência a cargas ou intempéries, etc.

Tabela 5 – Peso específico de materiais relevantes ao estudo

Peso Específico aparente dos materiais de construção		
Material		Peso específico aparente (KN/m <sup>3</sup> )
Blocos artificiais e pisos	Blocos cerâmicos vazados com paredes vazadas (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	12
	Blocos cerâmicos vazados com paredes maciças (função estrutural, ABNT NBR 15270-1)	14
	Bloco de Concreto Estrutural	25
	Porcelanato	23
Argamassas e concretos	Concreto simples	24
	Concreto Armado	25
Metais	Aço	77 a 78,5
Madeiras	Eucalipto (estado natural U=12%)	10
	Coníferas Classe C20	5
	Coníferas Classe C25	5,5
	Coníferas Classe C30	6
	Aglomerado de fibras de média densidade (MDF)	8
Enchimentos	Solo	20
	Argila Expandida	7

Fonte: ABNT 6120, adaptado.

Aqui pode ser observado que os valores de peso específico são representados por unidade de volume. Logo, uma adequação ao formato do elemento que se pretende usar esse material é necessária. Essa transformação será evidenciada no próximo capítulo, por meio planilhas, depois que for definido as dimensões de cada elemento.

#### 4.2.2 Peso de componentes construtivos

De acordo com a norma NBR 6120, na falta de determinação experimental mais rigorosa, podem ser utilizadas as Tabelas abaixo para os valores característicos nominais mínimos dos pesos de componentes construtivos, além do peso próprio da estrutura. Seguem os valores de pesos específicos para cada elemento.

Tabela 6 – Peso por área de elementos relevantes ao estudo.

Alvenaria	Espessura Nominal do elemento (cm)	Peso - espessura do revestimento por face (km/m <sup>2</sup> )		
		0 cm	1 cm	2 cm
Bloco cerâmico vazado (Furo horizontal - ABNT NBR 15270-1)	9	0,7	1,1	1,6
	11,5	0,9	1,3	1,7
	14	1,1	1,5	1,9
	19	1,4	1,8	2,3
Bloco Solo-Cimento Kovacs (25x12,5x7)	12,5	1,92	-	-
Bloco de concreto vazado (Classes A e B – ABNT NBR 6136)	14	2	2,3	2,7
	19	2,7	3	3,4

Fonte: ABNT NBR 6136, ABNT NBR 15270-1 e Kovacs Tijolos Ecológicos.

Nessa tabela o peso que o bloco solo-cimento possui em relação à alvenaria tradicional cerâmica. Considerando o bloco cerâmico vazado de 14 cm de espessura, que é mais comum, com dois centímetros de revestimento (reboco) por face (cujo valor, baseado na experiência do autor em serviços não ideais das construções, está minorado), pode-se avaliar que em termos de peso, os valores são similares. Foi utilizado no projeto o bloco solo-cimento.

Outra observação é que a tabela anterior apresenta valores de peso distribuídos em área. O valor precisa estar no formato de “carga por comprimento”, ou kN/m.

Tabela 7 – Carga distribuída de uma parede de bloco solo-cimento.

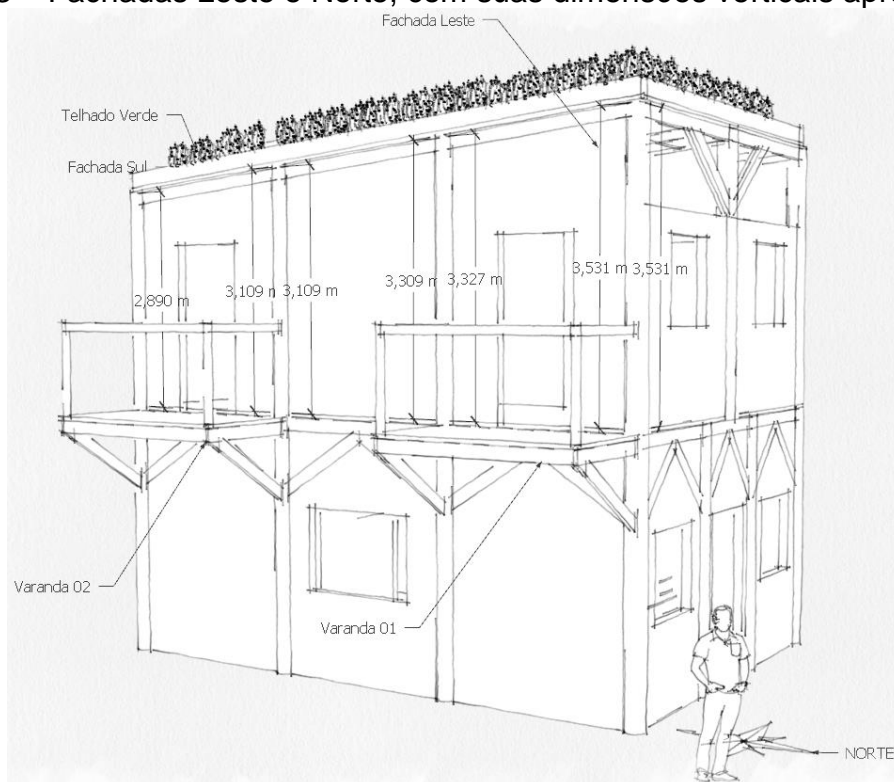
Material	dimensões do bloco (cm)	peso por elemento (kg)	Qtidade/m <sup>2</sup>	peso por m <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	peso por m <sup>2</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	peso por metro linear (kN/m)	peso por metro linear (kN/m) (h=3,1m)	peso por metro linear (kN/m) (h=3,15m)	peso por metro linear (kN/m) (h=3,32m)	peso por metro linear (kN/m) (h=3,53m)
bloco solo cimento	25x12,5x7	3,3	58	191,4	1,914	5,55	5,93	6,03	6,35	6,76

Fonte: Autoria Própria

Verifica-se nessa tabela que, no segundo pavimento, existe uma variação de altura devido à inclinação do telhado no valor de 5°, no sentido sul-norte. Isso faz com que as paredes nas fachadas leste e oeste não possuam uma altura fixa, mas sim uma altura que varia devido à inclinação. Na tabela, por motivo de simplificação e também de segurança, foi utilizado para a altura, o maior dos dois lados que compõe cada parede. Outro acréscimo de carga em relação ao peso das fachadas, foi a relacionada à fachada norte. A mesma apresenta um encerramento à aproximadamente 80 cm das vigas da borda da cobertura, que seria continuada por lâminas de vidro, transformando-a numa janela fixa. Porém, foi considerada que a parede segue toda sua extensão, por questão de segurança, considerando que o peso de uma parede de alvenaria é maior que uma janela de vidro. Segue uma imagem das fachadas leste e norte, com suas respectivas alturas com valores aproximados.



Figura 43 – Fachadas Leste e Norte, com suas dimensões verticais aproximadas.



Fonte: Autoria Própria

Tabela 8 – Carga distribuída de uma parede de bloco estrutural.

Alvenaria de Blocos Estruturais			
Material	Dimensões do bloco	Peso específico (KN/m <sup>2</sup> )	Carga de uma fiada em 1 m (KN/m)
bloco estrut. concreto	29x14x19	2,7	0,54

Fonte: Autoria Própria

Tabela 9 – Carga distribuída de uma parede de bloco estrutural, com acréscimos propositais de carga.

Alvenaria de Blocos Estruturais						
Material	Dimensões do bloco	Peso específico do concreto armado (KN/m <sup>3</sup> )	Peso por unidade (KN)	Qtade de blocos por metro de fiada (um)	Carga de uma fiada em 1m (kN/m)	Carga considerada (KN/m)
bloco estrut. concreto majorado	29x14x19	25	0,19285	3,33	0,64	0,65

Fonte: Autoria Própria

Nas tabelas 8 e 9, podem ser vistas a carga real de um bloco estrutural de concreto de classe B e também a carga considerada no projeto. A mesma foi considerada a partir do peso específico do concreto armado, com 25 KN/m<sup>3</sup>, num paralelepípedo maciço com as dimensões externas do bloco.

Tabela 10 – Carga distribuída das estruturas de madeira.

Estrutura de Madeira					
material	Peso Específico	Dimensões			Carga Distribuída
	KN/m <sup>3</sup>	seção (cm x cm)	Diâmetro (cm)	Seção (m <sup>2</sup> )	KN/m
Madeira Eucalipto	10	5x10		0,005	0,05
	10	5x15		0,0075	0,075
	10	10x10		0,01	0,1
	10	10x15		0,015	0,15
	10	15x15		0,0225	0,225
	10		25	0,049	0,491

Fonte: Autoria Própria

A tabela 10 retrata as diversas possibilidades de seções da estrutura de madeira que se pretende usar nas vigas. Destaca-se aqui, mais adiante será visto que, o peso próprio para estruturas de pilares e também para as mãos francesas, foi considerado o valor de 0,50 KN/m, outro acréscimo proposital de cargas. Esse acréscimo em particular será relevante na etapa de compatibilização da estrutura.

Tabela 11 – Cargas devido às estruturas de madeira

Estrutura de Madeira								
Laje	Estrutura específica	seção (cm x cm)	área da seção (m <sup>2</sup> )	Carga distrib. (kN/m)	Comprimento Linear (m)	Carga descarregada para outra estrutura (kN)	Área da Laje (m <sup>2</sup> )	Carga por Área (kN/m <sup>2</sup> )
Cobertura	Vigas Primárias Borda Opção 01	5x15	0,0075	0,075	18,00	1,35	40,7	0,033
	Vigas Primárias Borda Opção 02	10x15	0,015	0,150	18,00	2,70	40,7	0,066
	Vigas Primárias Internas Opção 01	5x15	0,0075	0,075	16,00	1,20	40,7	0,029
	Vigas Primárias Internas Opção 02	10x15	0,015	0,150	16,00	2,40	40,7	0,059
	Vigas Secundárias Opção 01	5x15	0,0075	0,075	43,20	3,24	40,7	0,080
	Vigas Secundárias Opção 02	10x15	0,015	0,150	43,20	6,48	40,7	0,159
	Vigas Terciárias Opção 01	5x10	0,005	0,050	38,16	1,91	40,7	0,047
	Vigas Terciárias Opção 02	5x15	0,0075	0,075	38,16	2,86	40,7	0,070
2º Pavimento	Vigas Primárias Borda Opção 01	5x15	0,0075	0,075	18,00	1,35	30	0,045
	Vigas Primárias Borda Opção 02	10x15	0,015	0,150	18,00	2,70	30	0,090
	Vigas Primárias Internas Opção 01	5x15	0,0075	0,075	16,00	1,20	30	0,040
	Vigas Primárias Internas Opção 02	10x15	0,015	0,150	16,00	2,40	30	0,080
	Vigas Secundárias Opção 01	5x15	0,0075	0,075	39,10	2,93	30	0,098
	Vigas Secundárias Opção 02	10x15	0,015	0,150	39,10	5,87	30	0,196
	Vigas Terciárias Opção 01	5x10	0,005	0,050	32,80	1,64	30	0,055
	Vigas Terciárias Opção 02	5x15	0,0075	0,075	32,80	2,46	30	0,082

Fonte: Autoria Própria

Nas tabelas 10 e 11, foram detalhadas sempre duas opções de seção, para que no final da análise, seja utilizada a mais econômica possível.

As tabelas 12 e 13 trazem informações sobre as lajes.

Tabela 12 – Carga devido a laje de concreto de 5 cm de espessura.

Lajes		
Material	Peso (kN/m <sup>3</sup> )	kN/m <sup>2</sup> (5cm de espessura)
Concreto	25	1,25

Fonte: Autoria Própria

Tabela 13 – Cargas totais de cada laje.

Lajes				
Material	posição	área (m <sup>2</sup> )	kN/m <sup>2</sup>	peso próprio (kN)
concreto	Laje Cobertura	40,7	1,25	50,875
	Laje 1º Pavimento	30	1,25	37,5

Fonte: Autoria Própria

A tabela 14 destaca os elementos de um telhado verde, que será construído da maneira mais tradicional. Ou seja, sobre uma laje de concreto, uma camada de regularização, manta de impermeabilização e proteção mecânica, que depois serão já adicionados a argila expandida e os materiais orgânicos componentes do Telhado Verde, com uma manta permeável entre as duas últimas. A figura 44 possui todas as camadas desenhadas no *SketchUp*.

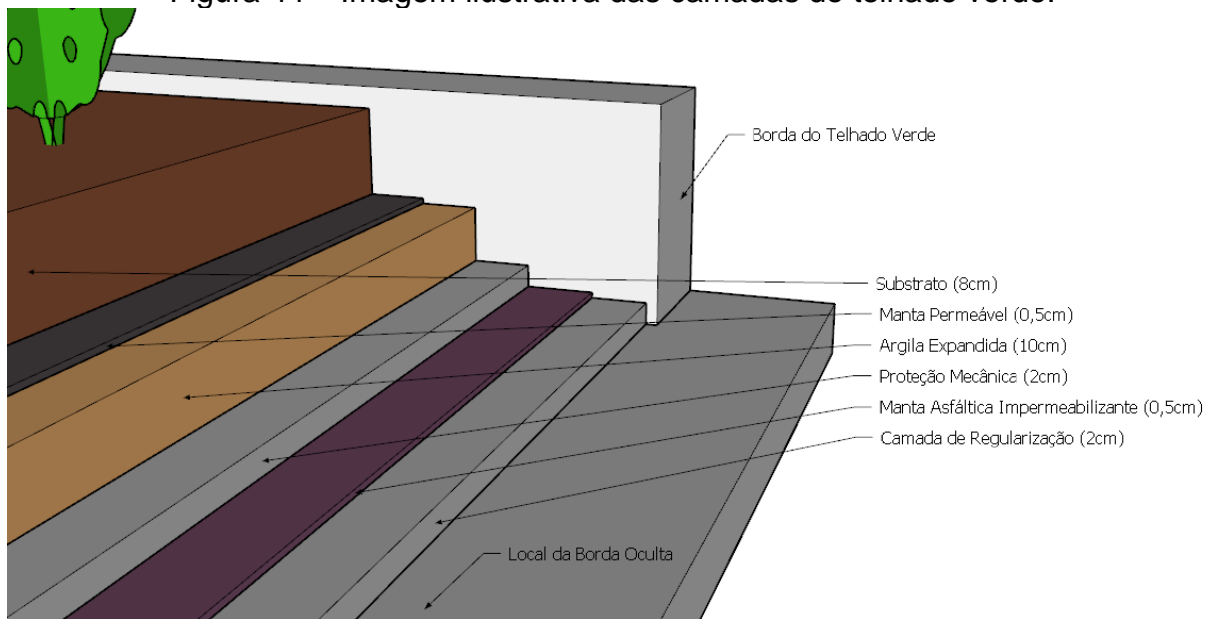
Tabela 14 – Cargas dos elementos do telhado verde.

Telhado Verde			
Material	Peso Específico (kN/m <sup>3</sup> )	Peso (kN/m <sup>2</sup> )	Peso Próprio (kN)
Substrato (8 cm)	20	1,6	56
Água (20 cm) *	10	2	70
Argila expandida (10 cm)	7	0,7	24,5
Impermeab. manta asfáltica (0,5 cm)	-	0,11	3,85
camada regularização (2 cm)	21	0,42	14,7
proteção mecânica (2 cm)	21	0,42	14,7

\*Considerado uma Força Especial

Fonte: Autoria Própria

Figura 44 – Imagem ilustrativa das camadas do telhado verde.



Fonte: Autoria Própria

O nível d'água adotado para o cálculo de reservatórios, tanques, decantadores, piscinas, telhados vegetados e outros deve ser igual ao máximo possível compatível com o sistema de extravasão. A carga pode ser considerada permanente ou variável, de acordo com o tempo de atuação em relação à vida da edificação.

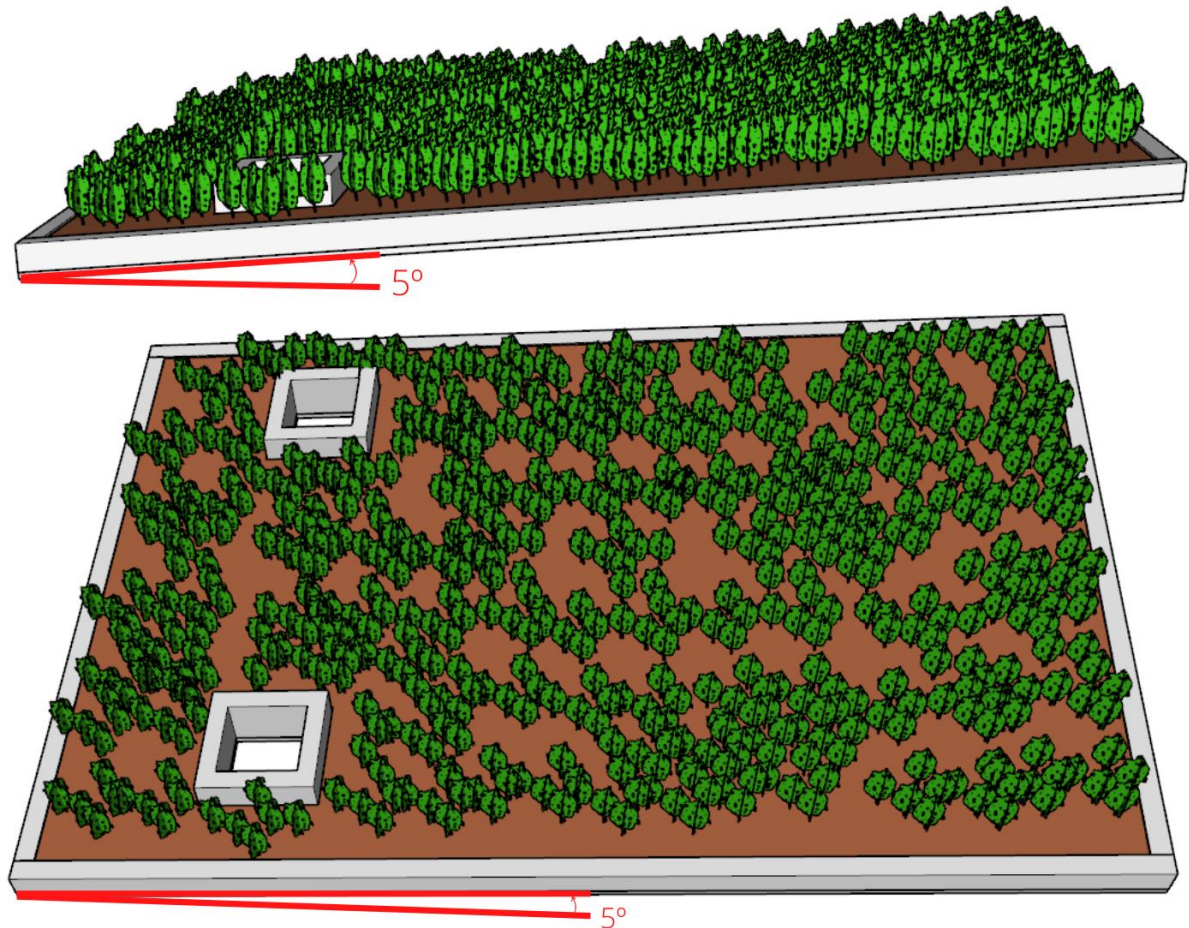
De acordo com a norma ABNT NBR 6120, no capítulo 'Empuxos e Pressões Hidrostáticas':

Nas estruturas em que a água possa ficar retida, no caso de entupimento do sistema principal de drenagem, deve-se considerar as ações devidas ao nível d'água extra, limitando-se a lâmina d'água ao nível máximo admitido pelos extravasores. Em caso de inexistência de extravasores, a lâmina d'água considerada será correspondente ao nível de drenagem efetivamente garantida pela construção. Em ambos os casos, essa ação extra pode ser considerada como especial, considerando os coeficientes de ponderação indicados na ABNT NBR 8681.

Esse é o caso da água que pode ficar contida no telhado verde. A cobertura, onde está localizado o telhado verde, será limitado por uma borda de blocos de concreto estrutural de 19 cm de altura e a estrutura terá drenagem. Essa borda teoricamente comporta aproximadamente 15 cm de altura de água, porém foi considerado 20 cm de altura de água que pode ficar retida, desconsiderando a angulação de 5° da laje cobertura e também os volumes que as claraboias subtraíam desse montante. Notar o acréscimo proposital de carga.

Seguem imagens representativas do telhado verde.

Figura 45 – Duas imagens do telhado verde, de maneira isolada da edificação.



Fonte: Autoria Própria

#### 4.2.3 Ações variáveis

Nesse tópico, serão detalhadas as cargas variáveis presentes no projeto. Vale destacar que a norma não contempla especificamente a cobertura do tipo telhado verde. Porém, como mencionado no capítulo anterior, a norma ABNT NBR 6120 classifica como força especial qualquer volume de água que possa ficar retido em uma estrutura. Essa consideração foi inserida nesse tópico, pois a força especial pode ser considerada como uma força variável, como será visto em 3.5 – Classificação das Ações de Carga.

Tabela 15 – Cargas variáveis presentes na edificação.

Local		Carga uniformemente distribuída (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
Balcões, sacadas, varandas e terraços	Residencial	2,5	-
- Coberturas - Cargas para estruturas de concreto armado, mistas de aço e concreto e alvenaria estrutural - Outras Coberturas	- Com acesso apenas para manutenção ou inspeção - Com placas de aquecimento solar ou fotovoltaicas - Outros usos: conforme o item pertinente desta Tabela.	- 1,0 - 1,5 - Verificar isoladamente	- - -
Telhado Verde	Água *	2	-
Edifícios Residenciais	Dormitórios	1,5	-
	Sala, copa e cozinha	1,5	-
	Sanitários	1,5	-
	Despensa, área de serviço e lavanderia	2	-
	Áreas de uso comum	3	-
	Corredores dentro de unidade autônoma	1,5	-
Escadas	Residenciais, hotéis (dentro de unidades autônomas)	2,5	-

\* Considerada como Carga Especial

Fonte: ABNT NBR 6120, adaptada.

#### 4.2.4 Forças horizontais variáveis

Forças horizontais variáveis são aquelas que atuam em elementos verticais que não possuem ancoragem completa, seja no sentido horizontal e/ou vertical. Exemplos disso são corrimão de escadas, platibandas ou barreiras de varandas.

Tabela 16 – Cargas distribuídas horizontais.

Localização da barreira	Força Horizontal (kN/m)
Áreas privativas de unidades residenciais, escritórios, quartos de hotéis, quartos e enfermarias de hospitais	1
Escadas privativas ou sem acesso público, escadas de emergência em edifícios	1

Fonte: ABNT NBR 6120.

Essas forças recém mencionadas e as forças causadas pelo vento serão as únicas forças horizontais consideradas no projeto.

#### 4.2.5 Forças causadas pelo vento

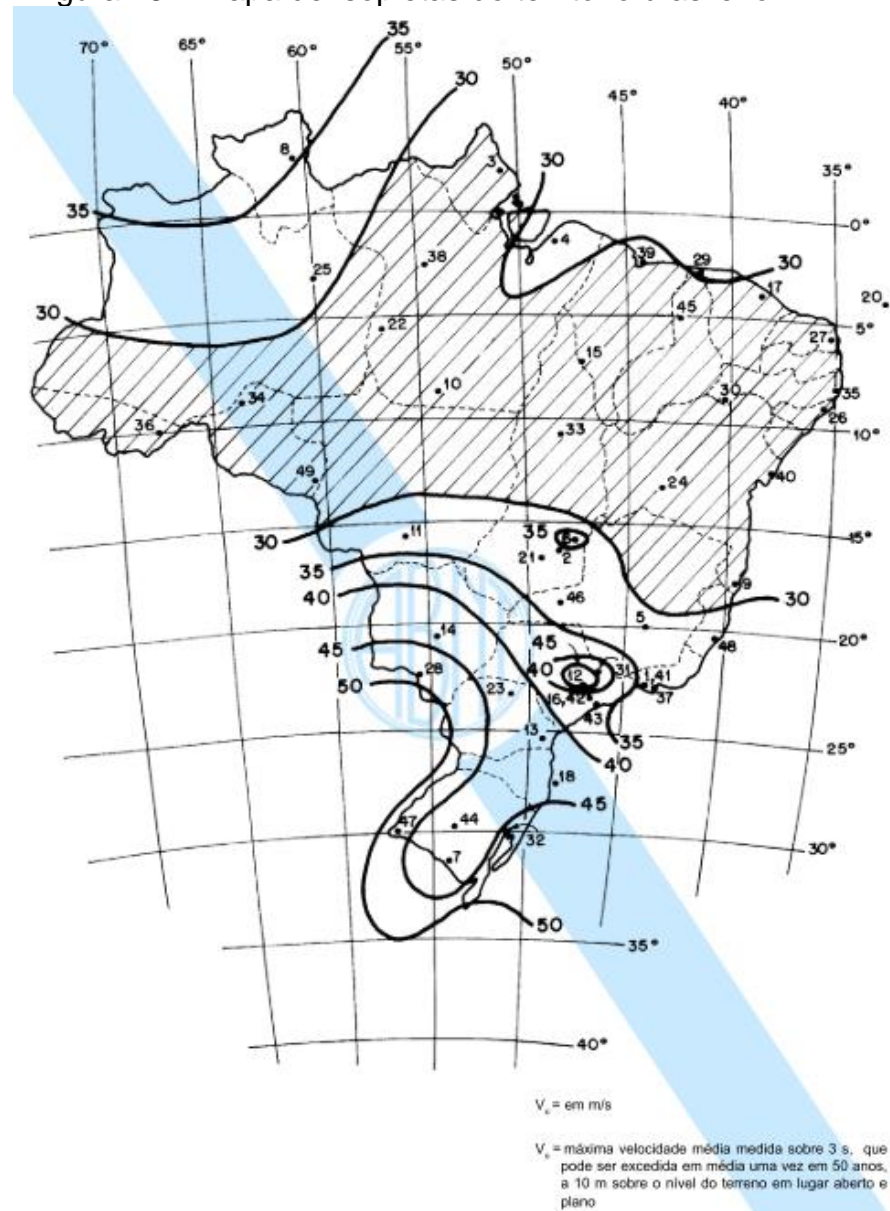
O Processo de levantamento de forças devidas aos ventos são baseados na ABNT NBR 6123:1998. O Processo será demonstrado aqui por etapas.

##### 4.2.5.1 Velocidade base

Inicialmente, deve-se ir na norma mencionada e buscar o mapa das Isopletas.



Figura 46 – Mapa de Isopletas do território brasileiro.



Fonte: ABNT NBR 6123.

A partir desse mapa, estimou-se que a velocidade  $v_0 = 43 \text{ m/s}$ . Depois de obtido esse valor, parte-se para os corretores da velocidade

#### 4.2.5.2 Corretor da velocidade – fator topográfico $S_1$

Esse corretor de velocidade considera as variações do relevo do terreno em que a edificação se encontra. É classificado de três maneiras. O coeficiente usado foi  $S_1=1,0$ , pois o terreno do local é plano ou pouco acidentado.

#### 4.2.5.3 Corretor da Velocidade – Rugosidade do Terreno $S_2$

O fator  $S_2$  considera o efeito combinado da rugosidade do terreno, da variação da velocidade do vento com a altura acima do terreno e das dimensões da edificação ou parte da edificação em consideração. Segue uma fotografia do local.

Figura 47 – Fotografia do local.



Fonte: Autoria própria

Pela fotografia, o local tecnicamente seria classificado como Categoria IV Classe A, porém, por segurança, foi decidido aumentar as forças devido ao vento. Foi considerado então Categoria I Classe A. Notar o acréscimo proposital das cargas.

Cota média = 0 → Categoria I

Altura da edificação < 20m → Classe A

Com os dados categoria e classe, deve-se ir na tabela da NBR 6123 que trata sobre o assunto, que segue abaixo.

Tabela 17 – Fator  $S_2$ 

z (m)	Categoria														
	I			II			III			IV			V		
	Classe			Classe			Classe			Classe			Classe		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
≤ 5	1,06	1,04	1,01	0,94	0,92	0,89	0,88	0,86	0,82	0,79	0,76	0,73	0,74	0,72	0,67
10	1,10	1,09	1,06	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,88	0,86	0,83	0,80	0,74	0,72	0,67
15	1,13	1,12	1,09	1,04	1,02	0,99	0,98	0,96	0,93	0,90	0,88	0,84	0,79	0,76	0,72
20	1,15	1,14	1,12	1,06	1,04	1,02	1,01	0,99	0,96	0,93	0,91	0,88	0,82	0,80	0,76
30	1,17	1,17	1,15	1,10	1,08	1,06	1,05	1,03	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87	0,85	0,82
40	1,20	1,19	1,17	1,13	1,11	1,09	1,08	1,06	1,04	1,01	0,99	0,96	0,91	0,89	0,86
50	1,21	1,21	1,19	1,15	1,13	1,12	1,10	1,09	1,06	1,04	1,02	0,99	0,94	0,93	0,89
60	1,22	1,22	1,21	1,16	1,15	1,14	1,12	1,11	1,09	1,07	1,04	1,02	0,97	0,95	0,92
80	1,25	1,24	1,23	1,19	1,18	1,17	1,16	1,14	1,12	1,10	1,08	1,06	1,01	1,00	0,97
100	1,26	1,26	1,25	1,22	1,21	1,20	1,18	1,17	1,15	1,13	1,11	1,09	1,05	1,03	1,01
120	1,28	1,28	1,27	1,24	1,23	1,22	1,20	1,20	1,18	1,16	1,14	1,12	1,07	1,06	1,04
140	1,29	1,29	1,28	1,25	1,24	1,24	1,22	1,22	1,20	1,18	1,16	1,14	1,10	1,09	1,07
160	1,30	1,30	1,29	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23	1,22	1,20	1,18	1,16	1,12	1,11	1,10
180	1,31	1,31	1,31	1,28	1,27	1,27	1,26	1,25	1,23	1,22	1,20	1,18	1,14	1,14	1,12
200	1,32	1,32	1,32	1,29	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,23	1,21	1,20	1,16	1,16	1,14
250	1,34	1,34	1,33	1,31	1,31	1,31	1,30	1,29	1,28	1,27	1,25	1,23	1,20	1,20	1,18
300	-	-	-	1,34	1,33	1,33	1,32	1,32	1,31	1,29	1,27	1,26	1,23	1,23	1,22
350	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,33	1,32	1,30	1,29	1,26	1,26	1,26
400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,32	1,32	1,29	1,29	1,29
420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,35	1,35	1,33	1,30	1,30	1,30
450	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,32	1,32	1,32
500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,34	1,34	1,34

Fonte: ABNT NBR 6123.

Com isso, verifica-se que o fator corretor da velocidade  $S_2 = 1,06$ .

#### 4.2.5.4 Corretor da Velocidade – Fator Estatístico $S_3$

Esse fator relaciona o tipo e descrição da edificação com o valor do corretor. A tabela 18 mostra os possíveis valores para o  $S_3$ .

Tabela 18 – Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$ .

**Tabela 3 - Valores mínimos do fator estatístico  $S_3$**

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, adaptado.

Pode ser verificado que a edificação está no grupo 2, logo  $S_3 = 1,0$ .

#### 4.2.5.5 Pressão Dinâmica $q$

A pressão dinâmica se dá pela fórmula:

$$q = 0,613 \cdot v_k^2 \quad (7)$$

Em que:

$$v_k = v_0 \cdot S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \quad (8)$$

Como visto anteriormente, pode ser verificado que:

$$v_k = 43 \cdot 1,0 \cdot 1,06 \cdot 1,0 \rightarrow v_k = 45,58 \text{ m/s}$$


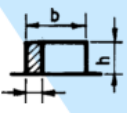
Assim, a pressão dinâmica será:

$$q = 0,613 \cdot 45,58^2 = 1273,53 \text{ N/m}^2$$

#### 4.2.5.6 Coeficiente de Forma – Fator $C$

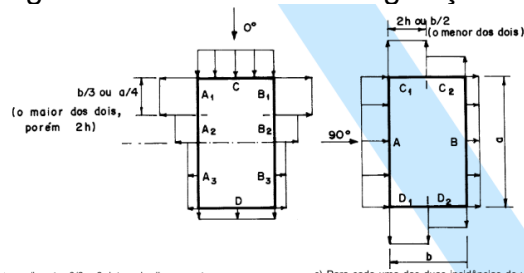
Esse coeficiente é determinado por tabelas, que variam entre as condições da edificação, mais especificamente, o ângulo dos ventos em relação à estrutura.

Tabela 19 – Fator C

Altura relativa	Valores de $C_e$ para								$C_{pe}$ médio 
	$\alpha = 0^\circ$				$\alpha = 90^\circ$				
	$A_1$ e $B_1$	$A_2$ e $B_2$	C	D	A	B	$C_1$ e $D_1$	$C_2$ e $D_2$	
 $1 \leq \frac{a}{b} \leq \frac{3}{2}$	-0,8	-0,5	+0,7	-0,4	+0,7	-0,4	-0,8	-0,4	-0,9
$2 \leq \frac{a}{b} \leq 4$ $0,2 b$ ou $h$ (o menor dos dois) $\frac{h}{b} \leq \frac{1}{2}$	-0,8	-0,4	+0,7	-0,3	+0,7	-0,5	-0,9	-0,5	-1,0

Fonte: ABNT NBR 6123

Figura 48 – Ventos com angulação 0º.



Fonte: ABNT NBR 6123

Segue a tabela 21 para se determinar a força do vento. O método utilizado para se considerar o vento foi o de concentrar seus esforços nos pilares. Isso facilitará a análise nos pórticos. A equação para se determinar a força é:

$$F = C * q * A \tag{9}$$

Sendo que:

- C é o fator C, coeficiente de forma (adimensional);
- q é a pressão dinâmica (kN/m<sup>2</sup>);
- A é a área que está sendo afetada pelo vento (m<sup>2</sup>).

Para as duas seguintes tabelas, foi considerado que os pilares tinham 6 m de altura cada, e cada trecho de análise possuíam dois pilares. Assim foi determinado a força distribuída em cada pilar.

Tabela 20 – Determinação da carga distribuída nas fachadas afetadas por ventos com angulação 0°.

Forças Horizontais causadas pelo Vento com angulação 0°									
Ângulo $\alpha$	Área	C				q (N/m <sup>2</sup> )	Força Concentrada (kN)	Força Concent. em cada Pilar (kN)	Força Distribuída por metro de Pilar (kN/m)
		A1 e B1	A2 e B2	C	D				
0	31,5	-0,8				1273,53	-32,09	-16,046	-2,674
			-0,5				-20,06	-10,029	-1,672
				0,7			28,08	14,041	2,340
					-0,4		-16,05	-5,349	-0,891

Fonte: Autoria Própria

A célula com a força distribuída -2,674 está destacada, pois foi o maior valor encontrado. O valor para os cálculos utilizados para o vento horizontal nas fachadas com angulação 0° foi de 3 KN/m. Notar o acréscimo proposital das cargas.

Tabela 21 – Determinação da carga distribuída nas fachadas afetadas por ventos com angulação 90°.

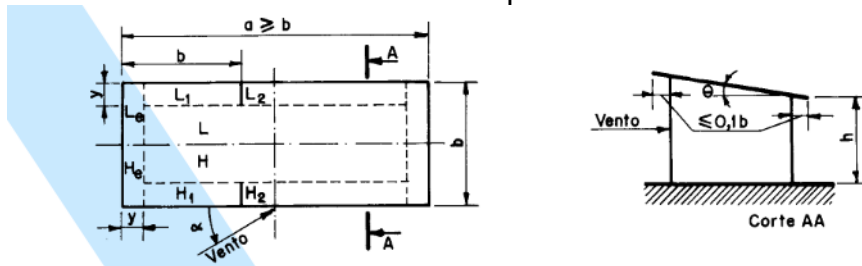
Forças Horizontais causadas pelo Vento com angulação 90°									
alfa	Área	C				q (N/m <sup>2</sup> )	Força Concentrada (kN)	Força Concent. Em cada Pilar (kN)	Força distribuída por metro de viga (kN/m)
		A	B	C1 e D1	C2 e D2				
90	59,25	0,7	-	-	-	1273,53	52,82	13,205	2,201
		-	-	-	-		-30,18	-7,546	-1,258
		-	0,4	-0,8	-		-60,37	-30,183	-5,030
		-	-	-	-0,4		-30,18	-15,091	-2,515

Fonte: Autoria Própria

A célula com a força distribuída -5,030 está destacada. O valor para os cálculos utilizados para o vento horizontal nas fachadas com angulação 90° foi de 5,5 KN/m. Notar o acréscimo proposital das cargas.

Para a cobertura, relembrar que a mesma possui uma inclinação de 5°, no sentido sul-norte.

Tabela 22 – Fator C para coberturas



$y = h$  ou  $0,15b$  (tomar o menor dos dois valores)

As superfícies H e L referem-se a todo o respectivo quadrante.

Valores de $C_e$ para ângulo de incidência do vento:										
$\theta$	90° (C)		45°		0°		-45°		-90°	
	H	L	H	L	H e L (A)	H e L (B)	H	L	H	L
5°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,9	-1,0	-0,5	-0,9	-1,0	-0,5	-1,0
10°	-1,0	-0,5	-1,0	-0,8	-1,0	-0,5	-0,8	-1,0	-0,4	-1,0
15°	-0,9	-0,5	-1,0	-0,7	-1,0	-0,5	-0,6	-1,0	-0,3	-1,0
20°	-0,8	-0,5	-1,0	-0,6	-0,9	-0,5	-0,5	-1,0	-0,2	-1,0
25°	-0,7	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,3	-0,9	-0,1	-0,9
30°	-0,5	-0,5	-1,0	-0,6	-0,8	-0,5	-0,1	-0,6	0	-0,6

Fonte: ABNT NBR 6123

Tabela 23 – Planilha de cálculos para determinação da força do vento vertical

Forças Verticais causadas pelo Vento com diferentes angulações														
alfa (°)	Área	C										q (N/m²)	Força Concentrada (kN)	Força Distribuída (kN/m²)
		H	L	H	L	H	L	H	L	H	L			
90	37,5	-1										1273,5	-47,76	-1,36
			-0,5										-47,76	-1,36
45	37,5			-1									-23,88	-0,68
					-0,9								-42,98	-1,23
0	37,5					-1							-47,76	-1,36
							-0,5						-23,88	-0,68
-45	37,5							-0,9					-42,98	-1,23
										-1			-47,76	-1,36
-90	37,5									-0,5		-23,88	-0,68	
											-1	-47,76	-1,36	

Fonte: Autoria Própria

A célula com a força distribuída -1,36 está destacada. Esse é o valor da força do vento na vertical para cima com maior valor. O valor utilizado será -1,10 kN/m<sup>2</sup>, independentemente de qual direção possuir o vento e isso confere maior segurança à edificação, pois na perspectiva da estrutura, uma força vertical para cima diminui os esforços na estrutura, enquanto que em dimensionamentos estruturais, a proposta é exatamente a oposta. Porém, para utilizar desse raciocínio, deve ser assegurado que a possibilidade de inversão de esforços é nula. Para isso, deve ser considerado o valor de 1,36 kN/m<sup>2</sup>. À partir dessa informação, pode ser notado na Tabela 14, que os elementos secos do telhado verde já superam a carga de 1,36 kN/m<sup>2</sup>, somando 3,25 kN/m<sup>2</sup>. Com essa informação checada, notar o acréscimo proposital das cargas.



#### 4.2.6 Coeficientes de Ponderação para as Ações Permanentes

Os coeficientes de ponderação  $\gamma_G$  das ações permanentes majoram os valores representativos das ações permanentes, necessitando mais resistência da estrutura. A tabela 24 apresenta os valores relacionados à cada tipo de combinação.

Tabela 24 – Coeficiente de ponderação  $\gamma_G$ .

Coef. de Ponderação $\gamma_G$		
Tipo de Combinação	Tipos de Elementos Estruturais	
	Madeira em Geral	Madeira Industrializada
Última Normal	1,30	1,25
Desfavorável Especial ou de Construção	1,20	1,15
Excepcional	1,15	1,10

Fonte: ABNT NBR 8681.

#### 4.2.7 Coeficientes de Ponderação para as Ações Variáveis

Os coeficientes de ponderação  $\gamma_Q$  das ações variáveis majoram os valores representativos das ações variáveis que provocam efeitos desfavoráveis para a segurança da estrutura.

Os coeficientes de ponderação  $\gamma_Q$  relativos às ações variáveis que figuram nas combinações últimas devem ser tomados com os valores básicos indicados na tabela abaixo:

Tabela 25 – Coeficiente de ponderação  $\gamma_Q$ .

Coef. de Ponderação $\gamma_Q$		
Tipo de Combinação	Tipos de Edificação	
	Tipo 1	Tipo 2
Última Normal	1,5	1,4
Especial ou de Construção	1,3	1,2
Excepcional	1,0	

Edificações tipo 1 são aquelas onde as cargas acidentais superam 5 kN/m<sup>2</sup>.  
Edificações tipo 2 são aquelas onde as cargas acidentais não superam 5 kN/m<sup>2</sup>.

Fonte: ABNT NBR 8681, modificada.

No momento de aplicação das Fórmulas, esses valores serão aplicados nas forças variáveis, representadas por  $F_Q$ .

#### 4.2.8 Fatores de Combinação e de Redução

Os fatores de combinação  $\psi_0$ , salvo indicação em contrário, expressa em norma relativa ao tipo de construção e de material considerados, estão indicados na tabela abaixo, juntamente com os fatores de redução  $\psi_1$  e  $\psi_2$  referentes às combinações de serviço.

Os valores do fator de combinação  $\psi_0$ , para as combinações últimas e dos fatores para as combinações de serviço,  $\psi_1$  para as combinações de grande frequência e  $\psi_2$  para as combinações quase permanentes.

Tabela 26 – Fatores de combinação e redução.

Ações		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2^{(*)(**)}$
Cargas acidentais de edifícios	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas <sup>1</sup> )	0,5	0,4	0,3
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3

\* Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para o valor zero  
 \*\* Para combinações excepcionais onde a ação principal for o fogo, o fator de redução pode ser reduzido, multiplicando-o por 0,7.

Fonte: ABNT NBR 8681.

No momento de aplicação das Fórmulas, esses valores serão aplicados nas forças variáveis, representadas por  $F_Q$ .

#### 4.2.9 Levantamento de Cargas

Com o conteúdo apresentado até agora, já podem ser expostos as cargas de maneira organizada, para o qual foi utilizado das planilhas do *software Excel*.

Tabela 27 – Cargas presentes na edificação.

Tipo de Carga	Localização	Forças	Nome	kN/m <sup>2</sup>	kN/m	Observações		
Cargas Permanentes	Cobertura	Peso próprio da estrutura de madeira na Laje Cobertura	Vigas Primárias Borda Opção 01	1	0,033	-	Considerando uma seção de 5x15	
			Vigas Primárias Borda Opção 02	2	0,068	-	Considerando uma seção de 10x15	
			Vigas Primárias Internas Opção 01	3	0,029	-	Considerando uma seção de 5x15	
			Vigas Primárias Internas Opção 02	4	0,059	-	Considerando uma seção de 10x15	
			Vigas Secundárias Opção 01	5	0,080	-	Considerando uma seção de 5x15	
			Vigas Secundárias Opção 02	6	0,159	-	Considerando uma seção de 10x15	
			Vigas Terciárias Opção 01	7	0,047	-	Considerando uma seção de 5x10	
			Vigas Terciárias Opção 02	8	0,070	-	Considerando uma seção de 5x15	
		Peso próprio da laje nervurada da COBERTURA, que será uma mesa de aproximadamente 5cm, simplesmente apoiada	9	1,25	-	-		
		Peso próprio da ALVENARIA estrutural que servirá de borda para a COBERTURA	10	-	0,65	-	-	
		Peso próprio dos elementos secos do TELHADO VERDE (COBERTURA)	11	3,65	-	-	-	
		Clarabóias	12	-	1,3	-	Considerando duas fiadas de blocos estruturais de concreto	
		Carga da Laje inteira que se distribui nas vigas internas	14	-	-	-	-	
		Carga da Laje inteira que se distribui nas vigas da borda	15	-	-	-	-	
		1º Pavimento	Peso próprio da estrutura de madeira na Laje 1º Pavimento	Vigas Primárias Borda Opção 01	18	0,045	-	Considerando uma seção de 5x15
	Vigas Primárias Borda Opção 02			19	0,090	-	Considerando uma seção de 10x15	
	Vigas Primárias Internas Opção 01			20	0,040	-	Considerando uma seção de 5x15	
	Vigas Primárias Internas Opção 02			21	0,080	-	Considerando uma seção de 10x15	
	Vigas Secundárias Opção 01			22	0,098	-	Considerando uma seção de 5x15	
	Vigas Secundárias Opção 02			23	0,196	-	Considerando uma seção de 10x15	
	Vigas Terciárias Opção 01			24	0,055	-	Considerando uma seção de 5x10	
	Vigas Terciárias Opção 02			25	0,082	-	Considerando uma seção de 5x15	
	Peso Próprio dos Pilares 1º PAVIMENTO			26	-	0,5	-	Considerando uma sessão rolça de 25cm de diâmetro
	Peso próprio da laje nervurada do 1º PAVIMENTO, que será uma mesa de aproximadamente 5cm, simplesmente			27	1,25	-	-	-
	Peso próprio das paredes de BLOCOS solo-cimento do 1º PAVIMENTO Fachada Sul		28	-	5,59	-	considerando altura de 2,90m	
	Peso próprio das paredes de BLOCOS solo-cimento do 1º PAVIMENTO Fachada Leste e Oeste 01		29	-	5,99	-	considerando altura de 3,10m	
	Peso próprio das paredes de BLOCOS solo-cimento do 1º PAVIMENTO Fachada Leste e Oeste 02		30	-	8,32	-	considerando altura de 3,30m	
	Peso próprio das paredes de BLOCOS solo-cimento do 1º PAVIMENTO Fachada Leste e Oeste 03		31	-	6,79	-	considerando altura de 3,55m	
	Peso próprio das paredes de BLOCOS solo-cimento do 1º PAVIMENTO Fachada Norte		32	-	6,79	-	considerando altura de 3,55m	
	Peso próprio das paredes divisórias de BLOCOS solo-cimento do 1º PAVIMENTO		33	-	-	-	irrelevantes ao estudo	
	Carga da Laje inteira que se distribui nas vigas internas		34	-	-	-	-	
	Carga da Laje inteira que se distribui nas vigas da borda		35	-	-	-	-	
	Varanda		Peso das estruturas de madeira	40	0,43	-	-	-
			Peso da Placa de Concreto de 5 cm	41	1,25	-	-	-
			Peso Próprio dos Pilares TÉRREO	36	-	0,5	-	-
	Térreo		Peso próprio das paredes de BLOCOS solo-cimento de todo o pavimento	37	-	6,03	-	considerando altura de 3,15m
Cargas Variáveis	Edificação Inteira	Forças <b>horizontais</b> causada pelo VENTO distribuídas nas vigas	Fq	1	-	1,6	força distribuída por metro, aplicada de maneira concentrada ao longo de todo o pilar	
	Cobertura	Forças verticais causadas pelo VENTO	2	-1,10	-	-	-	
		Carga Variável relativa a Inspeção e Manutenção da COBERTURA	3	1,00	-	-	-	
	1º Pavimento	Cargas variáveis dos ambientes do 1º PAVIMENTO	4	1,50	-	-	-	
	Varanda	Carga variável para varandas residenciais	5	2,50	-	-	-	
Carga Especial	Cobertura	Força Especial de uma possível massa de água retida no TELHADO VERDE	Fespec	1	2,00	-	-	

Fonte: Autoria Própria



Essa tabela apresenta cinco cargas que ainda não foram mencionadas, que são as cargas permanentes de número de identificação 14, 15, 34, 35 e 33. As quatro primeiras se referem à transferência de carga da placa de concreto armado nas vigas de madeira, que se apoiam da maneira “Simplesmente Apoiado”. Esse é o tema do tópico 4. A força 33 não é relevante ao estudo, logo não foi mensurada.

### 4.3 COMBINAÇÕES

#### 4.3.1 Combinações Últimas Normais

As combinações últimas normais são dadas pela seguinte expressão:

$$F_D = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \cdot F_{GiK} + \gamma_Q \cdot [\phi \cdot F_{QiK} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot F_{QjK}] \quad (10)$$

onde:

- $\gamma_{Gi}$  é o coeficiente de ponderação para as ações permanentes;
- $\gamma_Q$  é o coeficiente de ponderação para as ações variáveis;
- $\phi$  é o índice de minoração aplicável quando a carga variável principal for de curto prazo, como ventos.  $\phi = 0,75$  nesses casos;
- $F_{GiK}$  é o valor característico das ações permanentes;
- $F_{QiK}$  é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação;
- $\psi_{0j} \cdot F_{QjK}$  é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis.

Seguem em sequência planilhas que foram utilizadas para os cálculos.

Tabela 28 – Estado limite último normal para cobertura

Laje Cobertura (Telhado Verde)					
Estado Limite Último Normal	Fórmula Geral	$F_D = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \cdot F_{GiK} + \gamma_Q \cdot [\phi \cdot F_{QiK} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j} \cdot F_{QjK}]$		Resultados (kN/m <sup>2</sup> )	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3)	Fq2 como variável principal	Fd =	6,4
Cenário 02	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3)	Fq3 como variável principal	Fd =	7,5

Fonte: Autoria Própria

Tabela 29 – Estado limite último normal para 1º pavimento

Laje 1º Pavimento					
Estado Limite Último Normal	Fórmula Geral	$F_D = \sum_{i=1}^m \gamma_{G_i} \cdot F_{G_iK} + \gamma_Q \cdot [\phi \cdot F_{Q1K} + \sum_{j=2}^n \psi_{Q_j} \cdot F_{Q_jK}]$		Resultados (kN/m²)	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg's (19,21,23,25,27) Fq (4)	Fq4 como única carga variável, logo é a principal	Fd =	4,3

Fonte: Autoria Própria

Tabela 30 – Estado limite último normal para varanda

Varanda					
Estado Limite Último Normal	Fórmula Geral	$F_D = \sum_{i=1}^m \gamma_{G_i} \cdot F_{G_iK} + \gamma_Q \cdot [\phi \cdot F_{Q1K} + \sum_{j=2}^n \psi_{Q_j} \cdot F_{Q_jK}]$		Resultados (kN/m²)	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg's (40,41) Fq (5)	Fq5 como única carga variável, logo é a principal	Fd =	5,7

Fonte: Autoria Própria

Os ventos horizontais, apesar de não estarem representadas nas planilhas acima, foram majoradas e por um fator maior que o necessário. Considerando que  $\gamma_Q = 1,4$  e que  $\phi = 0,75$  (nos casos em que o vento é a força variável principal), esses coeficientes precisam ser aplicados às forças calculadas. Pode ser conferido nas tabelas 21 e 22 que os valores da carga distribuídas dos ventos são 2,674 kN/m e 5,030 kN/m. Porém, foram utilizados 3,00 e 5,50 kN/m, respectivamente. Por multiplicações simples, pode ser confirmado que  $1,4 * 0,75 * 2,674 = 2,81 \leq 3,00$  e que  $1,4 * 0,75 * 5,03 = 5,28 < 5,50$ .

Sobre o pórtico, as demais ações, permanentes e variáveis, foram considerados com os seus coeficientes majorados. Essas considerações foram tomadas para simplificar a consideração dos efeitos das ações no pórtico e evitar a combinação dos esforços internos à partir da análise separada para cada tipo de ação.

#### 4.3.1.1 Combinações últimas especiais ou de construção

As combinações últimas especiais ou de construção são dadas pela seguinte expressão:

$$F_D = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \cdot F_{GiK} + \gamma_Q \cdot [F_{QiK} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j EFET} \cdot F_{QjK}] \quad (11)$$

onde:

- $\gamma_{Gi}$  é o coeficiente de ponderação para as ações permanentes;
- $\gamma_Q$  é o coeficiente de ponderação para as ações variáveis;
- $F_{GiK}$  é o valor característico das ações permanentes;
- $F_{QiK}$  é o valor característico da ação variável considerada como ação principal para a combinação;
- $\psi_{0j} \cdot F_{QjK}$  é o valor reduzido de combinação de cada uma das demais ações variáveis.
- $\psi_{0j EFET}$  é o fator de combinação efetivo de cada uma das demais variáveis que podem agir concomitantemente com a ação principal  $F_{Q1K}$ , durante a situação transitória. O fator  $\psi_{0j EFET}$  é igual ao fator  $\psi_{0j}$  adotado nas combinações normais, salvo quando a ação principal  $F_{Q1}$  tiver um tempo de atuação muito pequeno, caso em que  $\psi_{0j EFET}$  pode ser tomado com o correspondente  $\psi_{2j}$ .
- Vale destacar aqui o seguinte trecho da norma 8681:
  - ações variáveis especiais: nas estruturas em que devam ser consideradas certas ações especiais, como ações sísmicas ou cargas acidentais de natureza ou de intensidade especiais, elas também devem ser admitidas como ações variáveis. As combinações de ações em que comparecem ações especiais devem ser especificamente definidas para as situações especiais consideradas.

Tabela 31 – Estado limite último especial para cobertura

Laje Cobertura (Telhado Verde)					
Estado Limite Último Especial	Fórmula Geral	$F_D = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \cdot F_{GiK} + \gamma_Q \cdot [F_{Q1K} + \sum_{j=2}^n \psi_{0j EFET} \cdot F_{QjK}]$		Resultados (kN/m <sup>2</sup> )	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3) Fespec1	Fq2 como variável principal	Fd =	7,2
Cenário 02	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3) Fespec1	Fq4 como variável principal	Fd =	8,2
Cenário 03	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3) Fespec1	Fespec como variável principal	Fd =	8,8

Fonte: Autoria Própria

No intuito de majorar a estrutura, será feito uma análise de estado limite último normal, porém considerando a força especial 01 como uma carga variável comum. A força especial é referente à uma possível massa de água contida no telhado verde. Essa combinação será referenciada como 'ELU\*'.

Tabela 32 – Estado limite último normal para cobertura considerando a força especial como uma ação variável comum.

Laje Cobertura (Telhado Verde)					
Estado Limite Último Normal (ELU*)	Fórmula Geral	$F_D = \sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} \cdot F_{GiK} + \gamma_Q \cdot [\phi \cdot F_{Q1K} + \sum_{j=2}^n \psi_{Qj} \cdot F_{QjK}]$		Resultados (kN/m <sup>2</sup> )	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3)	Fq2 como variável principal	Fd =	7,8
Cenário 02	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3)	Fq3 como variável principal	Fd =	8,9
Cenário 03	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3) Fespec1	Fespec como variável principal	Fd =	9,6

Fonte: Autoria Própria

O motivo de não ter sido feito a mesma análise para a Laje do 1º Pavimento, é pelo fato do autor ter utilizado aqui os coeficientes da combinação normal, ou seja, foi utilizado  $\gamma_{Gi} = 1,3$  e  $\gamma_Q = 1,4$ . O motivo de não ter sido feita a análise no outro pavimento, é que por esse motivo, somado à que as cargas são as mesmas feitas na Tabela 28, os resultados seriam os mesmos.

#### 4.3.1.2 Combinações de serviço

Nas combinações de serviço são consideradas todas as ações permanentes, inclusive as deformações impostas permanentes, e as ações variáveis correspondentes a cada um dos tipos de combinações.

#### 4.3.1.3 Combinações de serviço quase permanentes

Nas combinações de utilização ou de serviço quase permanentes, todas as ações variáveis são consideradas com seus valores quase permanentes  $\psi_{2j} \cdot F_{QjK}$ :



$$F_{UTI} = \sum_{i=1}^m F_{GiK} + \sum_{j=1}^n \psi_{2j} \cdot F_{QjK} \quad (12)$$

onde:

- $F_{GiK}$  é o valor característico das ações permanentes;
- $F_{QjK}$  é o valor característico da ação variável admitida como principal para a situação transitória considerada;
- $\psi_{2j}$  é o fator de redução das ações variáveis.

Tabela 33 – Estado limite de serviço para cobertura

Laje Cobertura (Telhado Verde)					
Estado Limite Utilização Quase	Fórmula Geral	$F_{DUTI} = \sum_{i=1}^m F_{GiK} + \sum_{j=1}^n \psi_{2i} \cdot F_{QjK}$		Resultados (kN/m <sup>2</sup> )	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3) Fespec1	Considerando Fespec	Fd =	5,8
Cenário 02	Forças consideradas	Fg's (2,4,6,8,9,11) Fq's (2,3)	NÃO considerando Fespec	Fd =	5,2

Fonte: Autoria Própria

Notar o uso da força especial nessa última combinação.

Tabela 34 – Estado limite de serviço para 2º pavimento

Laje 2º Pavimento					
Estado Limite Utilização Quase	Fórmula Geral	$F_{DUTI} = \sum_{i=1}^m F_{GiK} + \sum_{j=1}^n \psi_{2i} \cdot F_{QjK}$		Resultados (kN/m <sup>2</sup> )	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg's (19,21,23,25,27) Fqs (3)	-	Fd =	2,1

Fonte: Autoria Própria

Tabela 35 – Estado limite de serviço para varanda

Varanda					
Estado Limite Utilização Quase	Fórmula Geral	$F_{DUTI} = \sum_{i=1}^m F_{GiK} + \sum_{j=1}^n \psi_{2i} \cdot F_{QjK}$		Resultados (kN/m <sup>2</sup> )	
Cenário 01	Forças consideradas	Fg (12) Fq (5)	-	Fd =	2,4

Fonte: Autoria Própria

#### 4.4 DIMENSIONAMENTO DAS LAJES DE CONCRETO SIMPLEMENTE APOIADAS EM NERVURAS BIDIRECIONAIS EM MADEIRA

Antes de iniciar o dimensionamento, baseado no local de obra, que é uma região rural, a classe de agressividade ambiental do local é classificada como CAA-I. A partir dessa informação, pode ser verificadas exigências mínimas sobre os elementos de concreto, que são:

- classe de concreto  $\geq C20$ ;
- relação de água/cimento em massa  $\leq 65\%$ ;
- cobertura mínima dos elementos de aço de 20 mm para as lajes.

Essa etapa dimensionará a laje de concreto da cobertura, que será apoiada de maneira simples em nervuras de madeira. Para tal, foi utilizado o processo disponível na apostila de Estruturas de Concreto Armado II (PERLIN; PINTO; PADARATZ, 2020) e algumas etapas foram modificadas para adequar ao projeto desenvolvido.

De acordo com o processo de dimensionamento de lajes nervuradas em concreto, aplicando um espaçamento entre as nervuras  $S$  com valor inferior à 65 cm, “dispensa-se a verificação da mesa quanto à flexão, sendo necessário adotar apenas a armadura mínima de 0.15% da área da mesa” (PERLIN; PINTO; PADARATZ, 2020, p. 254). A adaptação da técnica construtiva simplifica tal processo à apenas garantir que o espaçamento entre nervuras seja inferior e verificar como a carga da laje e seus elementos que são apoiadas nas mesmas, se distribuem nas vigas. Segue uma planilha simples sobre armadura mínima, indicando a área de aço necessária para as placas de concreto.

Tabela 36 – Área mínima

Área Mínima de Aço (%)	Área de Concreto (faixa de 1 m e espessura de 5cm) (cm <sup>2</sup> )	Área Mínima de Aço (cm <sup>2</sup> )
0,15	500	0,75

Fonte: Autoria própria.

Por motivo de simplificação, para a armadura mínima serão consideradas as Malhas Pop, nomes comerciais de telas pré-fabricadas, disponíveis em peças de 2x3 m. As Malhas Pop são modelos considerados em norma brasileira (ABNT NBR 7481, 2022, p. 8) e possuem as seguintes variações com as respectivas características, que será apresentado na tabela da norma conforme seu nome técnico. Para melhor compreensão, antes da tabela 37, serão referenciados os nomes comerciais e seus nomes técnicos:

- Malha Pop Leve – Série 45 – Designação Q45
- Malha Pop Média – Série 61 – Designação Q61
- Malha Pop Reforçada – Série 92 – Designação Q92
- Malha Pop Pesada – Série 138 – Designação Q138

Tabela 37 - Tela soldada padrão de 2 x 3 m - CA 60

Série	Desig. <sup>a</sup>	Espaçamento entre fios cm		Diâmetro nominal mm		Seções nominais cm <sup>2</sup> /m		Apresentação	Dimensões m		Massa nominal	
		Long. <sup>b</sup>	Trans. <sup>c</sup>	Long.	Trans.	Long.	Trans.		Larg. <sup>d</sup>	Comp. <sup>e</sup>	kg/m <sup>2</sup>	kg/peça
45	Q45	20	20	3,4	3,4	0,45	0,45	PAINEL	2,00	3,00	0,71	4,26
61	Q61	15	15	3,4	3,4	0,61	0,61	PAINEL	2,00	3,00	0,97	5,82
69	Q69	20	20	4,2	4,2	0,69	0,69	PAINEL	2,00	3,00	1,09	6,54
92	Q92	15	15	4,2	4,2	0,92	0,92	PAINEL	2,00	3,00	1,48	8,88
138	Q138	10	10	4,2	4,2	1,38	1,38	PAINEL	2,00	3,00	2,20	13,20

<sup>a</sup> Designação  
<sup>b</sup> Longitudinal  
<sup>c</sup> Transversal  
<sup>d</sup> Largura  
<sup>e</sup> Comprimento

NOTA O comprimento das franjas transversais deve ser: malha 15 cm x 15 cm = 2,50 cm, malha 10 cm x 10 cm = 5,00 cm e malha 20 cm x 20 cm = 10,00 cm. Para as franjas longitudinais, o comprimento deve ser a metade do espaçamento transversal.

Fonte: ABNT NBR 7481:2022, p. 8.

Foi produzida uma planilha Excel com as Malhas Pop mencionadas, no intuito de simplificar os cálculos. Nessa etapa foi notado que a norma brasileira faz uma consideração que não foi feita na planilha do autor. Essa alteração da norma faz com que a planilha a seguir seja mais conservadora. A norma sugere que, a cada metro, na Malha Pop Média por exemplo, existem 6,67 barras com diâmetro nominal de 3,4

mm, equivalendo à 0,61 cm<sup>2</sup>/m de área de aço por metro de placa de concreto. A alteração do autor considera que a mesma tela possui somente 6 barras de bitola 3,4 mm à cada metro, fazendo com que se tenha 0,54 cm<sup>2</sup>/m. Foi considerado mais apropriado o último valor, por uma questão lógica, considerando que não é possível se ter uma quantidade não inteira de barras num painel com seus distanciamentos pré-definidos e soldados. Além de que faz desse dimensionamento um cálculo mais conservador, ou seja, em prol da segurança. Segue a tabela que foi considerada para os cálculos.

Tabela 38 - Malhas Pop

Malhas Pop	Dimensões da malha (cmxcm)	Tipo de aço	Diâmetro do aço (cm)	Área de um vergalhão (cm <sup>2</sup> )	Quantidade de vergalhões em 1 m	Área Efetiva (cm <sup>2</sup> )
Leve	20x20	CA 60	0,34	0,0908	5	0,454
Média	15x15	CA-60	0,34	0,0908	6	0,545
Reforçada	15x15	CA-60	0,42	0,1385	6	0,831
Pesada	10x10	CA-60	0,42	0,1385	10	1,385

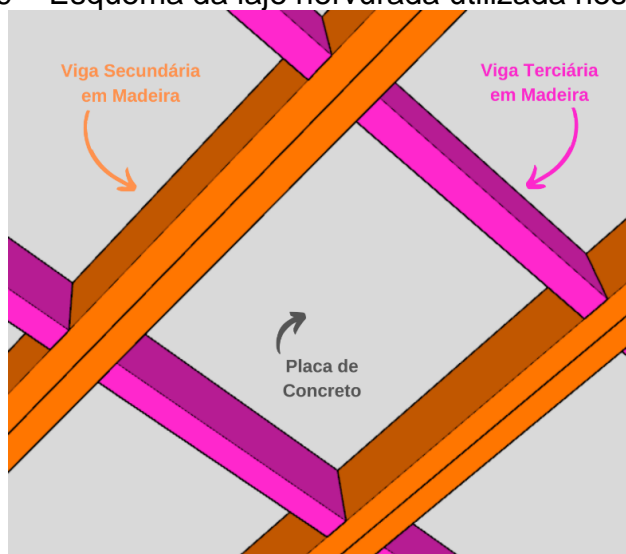
Fonte: Autoria própria.

Comparando os valores da última coluna com a área de aço mínima necessária para cumprimento de armadura mínima, somente as duas última atendem o quesito. Será optado pela Malha Pop Reforçada.

Em relação à emenda, é recomendado (IBTS, 1997, p. 25) o uso de emenda de uma malha e assim será feito.

As nervuras, quando em concreto armado, possuem os seguintes requisitos. A espessura das nervuras ( $b_w$ ) não pode ser inferior a 5 cm em estruturas de concreto armado. Isso se deve pelo espaço necessário para inserção da armadura. Nesse projeto, serão utilizadas peças de madeira modulares. Ou seja, peças com uma seção de 5 cm por 15 cm, seja peças solitárias ou compostas. O comprimento máximo dessas peças é de 4 m. Segue uma imagem da laje nervurada da cobertura vista por baixo. As cores serão explicadas mais adiante.

Figura 49 – Esquema da laje nervurada utilizada nesse estudo

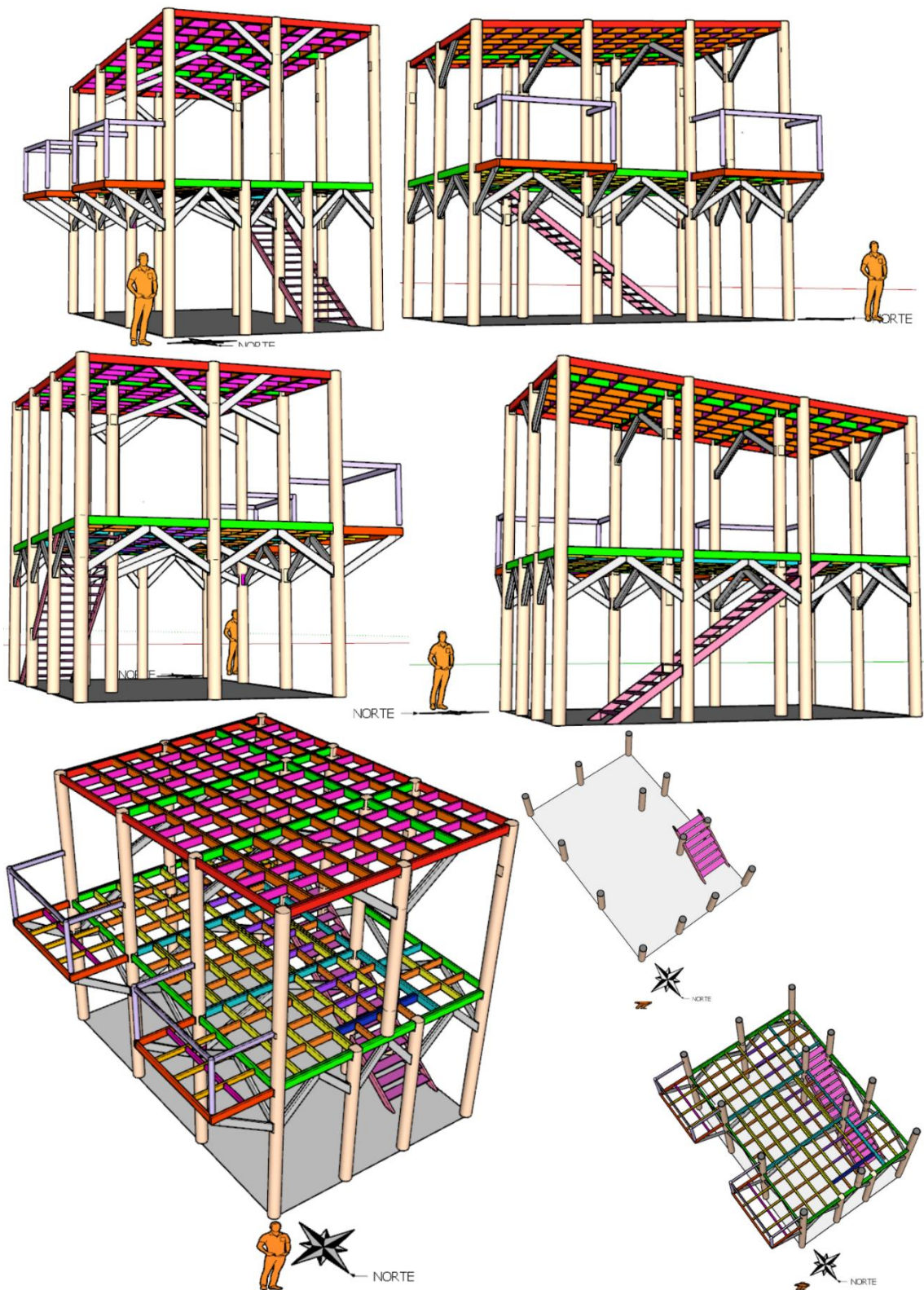


Fonte: Autoria própria

Vale ser destacado que a execução do piso seria feita após a instalação das vigas, sendo posicionado uma “fôrma” permanente impermeável em cima das vigas e a concretagem seguiria depois. Ou seja, a estrutura das lajes vistas por baixo, não seria possível a visualização da placa de concreto. O desenho acima é apenas uma simplificação, mostrando as estruturas relevantes aos cálculos estruturais.

Com a teoria e fórmulas dessa etapa reveladas, serão utilizadas planilhas do *Software Excel*. Serão mostradas imagens ilustrativas da estrutura elaboradas pelo autor no *software Ketchup (Trimble, 2023)*

Figura 50 - Estrutura de madeira do arranjo estrutural 01, com diferentes cores para cada grupo estrutural de elementos.



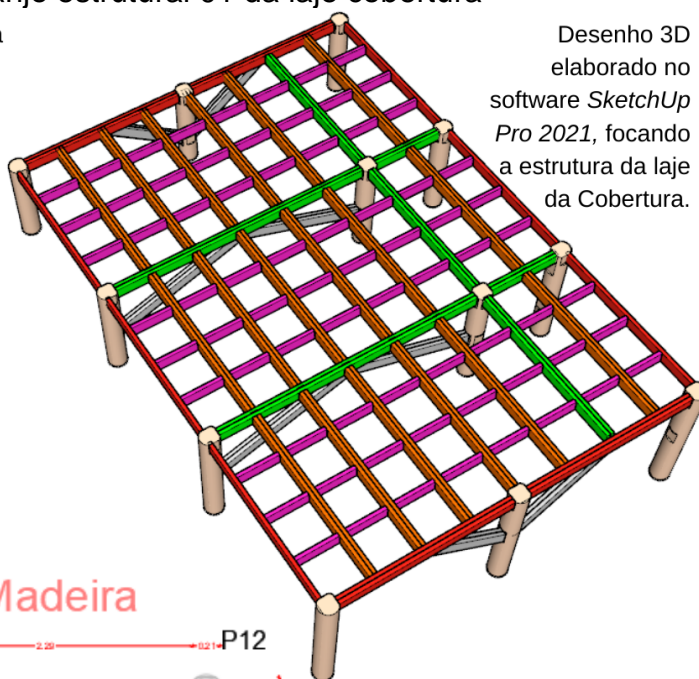
Fonte: Autoria Própria

Figura 51 – Arranjo estrutural 01 da laje cobertura

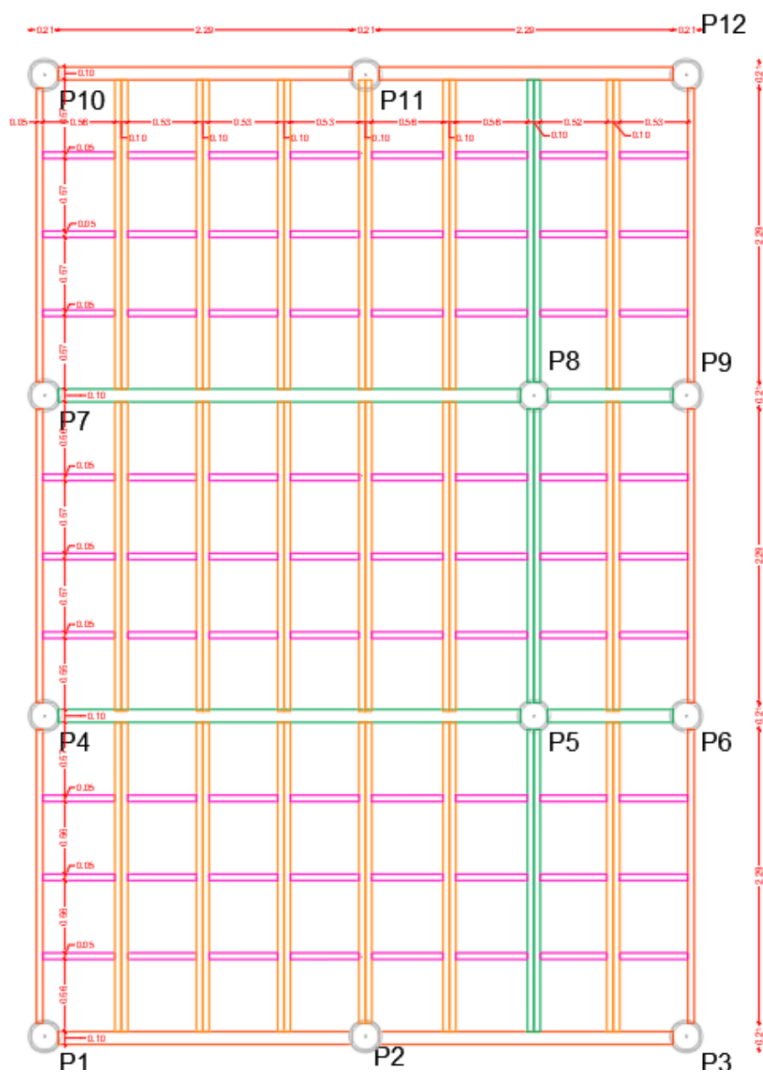
Elementos e respectivas cores utilizadas na identificação:

- Vermelho - Vigas Primárias da Borda
- Verde - Vigas Primárias Internas
- Laranja - Vigas Secundárias
- Rosa - Vigas Terciárias

Desenho 3D elaborado no software *SketchUp Pro 2021*, focando a estrutura da laje da Cobertura.



## Cobertura - Estrutura Madeira



Desenho 2D elaborado no software *AutoCad 2023*, focando na estrutura da laje da Cobertura.

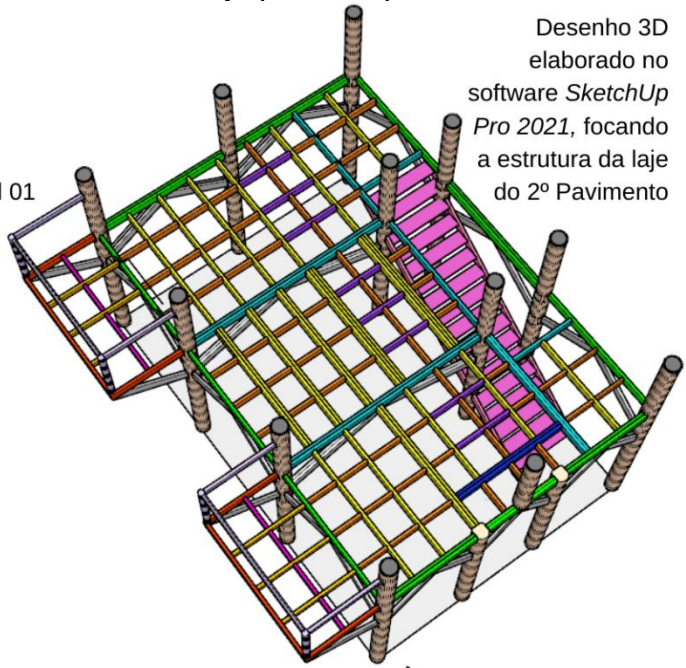
Fonte: Autoria Própria

Figura 52 – Arranjo Estrutural 01 da laje primeiro pavimento

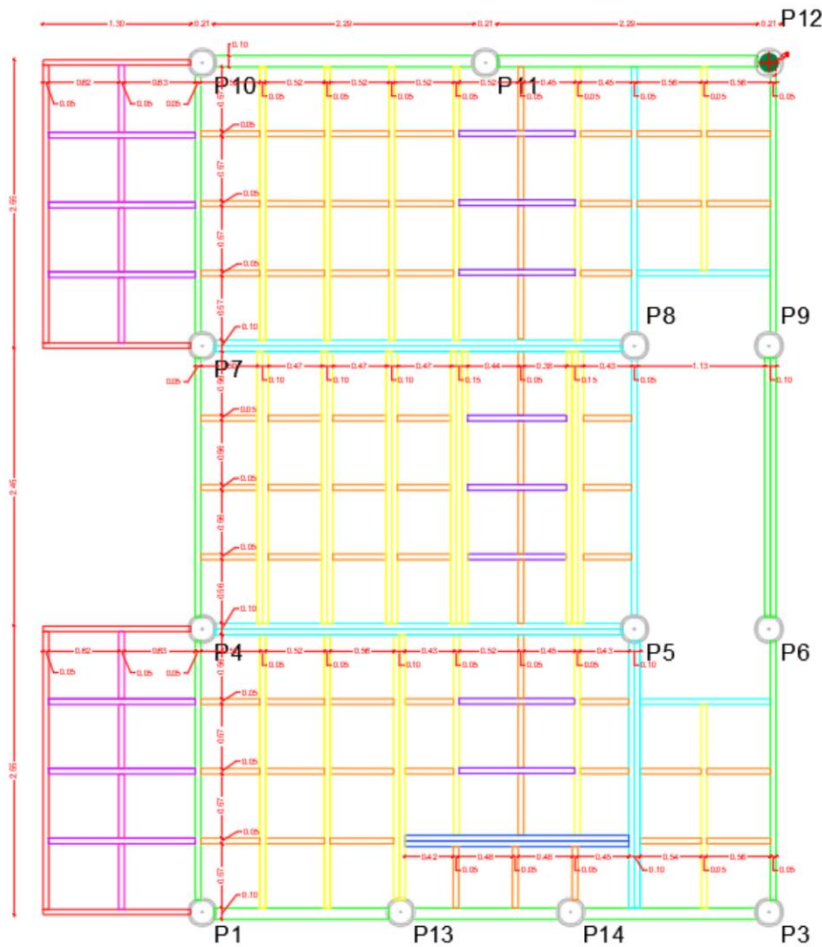
Elementos e respectivas cores utilizadas na identificação:

- Verde - Vigas Primárias da Borda
- Azul claro - Vigas Primárias Internas
- Amarelo - Vigas Secundárias
- Azul Escuro - Vigas Secundárias Especial 01
- Roxo - Vigas Secundárias Especial 02
- Laranja - Vigas Terciárias
- Vermelho - Vigas Borda Varanda

Desenho 3D elaborado no software *SketchUp Pro 2021*, focando a estrutura da laje do 2º Pavimento



1º Pavimento - Estrutura Madeira



Desenho 2D elaborado no software *AutoCad 2023*, focando na estrutura da laje do 2º Pavimento

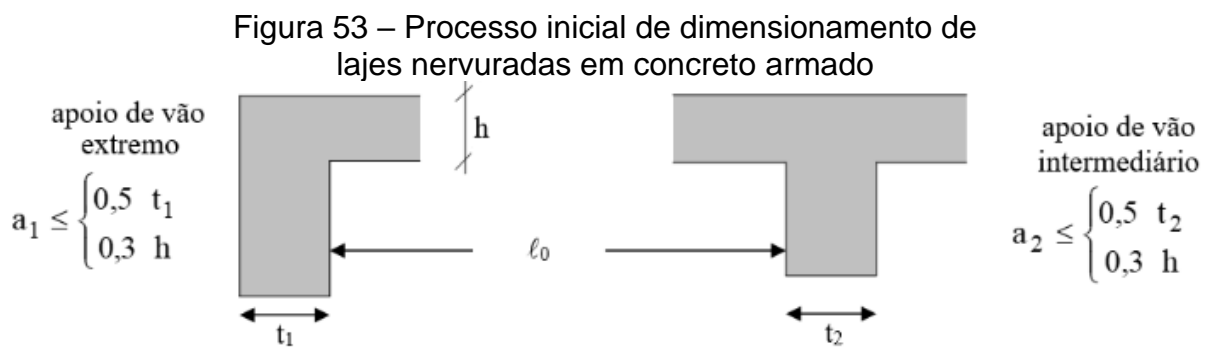
Fonte: Autoria Própria



#### 4.4.1 Vãos Efetivos

Segundo o item 14.7.2.2, da NBR 6118:2014, quando os apoios puderem ser considerados suficientemente rígidos quanto à translação vertical, o vão efetivo das lajes deve ser calculado pela seguinte expressão:

$$l_{EFET} = l_0 + a_1 + a_2 \quad (13)$$



Fonte: Autoria Própria

Porém, como dito anteriormente, a estrutura não é maciça nem concretada, não podendo ser consideradas como “suficientemente rígidos quanto à translação vertical”. O cálculo então para o vão efetivo será simplificado somente à adição do ‘ $l_0$ ’, o ‘ $0,5 \cdot t_2$ ’, e desconsiderado o termo ‘ $0,3 \cdot h$ ’.

Além disso, haverá um acréscimo proposital nos dados. Como pode ser observado nas imagens que destacam as estruturas dos dois pavimentos, as nervuras são variadas, e a variação das bordas de cada retângulo é diversa. Então, para simplificação, foram consideradas todas as bordas como sendo de 10 cm de espessura.

#### 4.4.2 Classificação das Lajes quanto à Direção

As lajes podem ser armadas em cruz (armada nas 2 direções) ou armada em uma única direção. A laje é armada em uma única direção quando  $\lambda > 2$  e em duas direções quando  $\lambda < 2$ , onde  $\lambda$  é dado por:

$$\lambda = l_y / l_x \quad (14)$$

Onde:  $l_y$  é o maior vão  
 $l_x$  é o menor vão

Tabela 39 – Tipo de Armação

Dimensões das nervuras da edificação e seus respectivos comprimentos efetivos e $\lambda$						
	$L_{0x}$	$L_{0y}$		$L_{efX}$	$L_{efY}$	$\lambda$
Laje 1º Pav	52	57	(+10cm)	62	67	1,08
	45	57		55	67	1,22
	56	57		66	67	1,02
	57	63		67	73	1,09
	50	56		60	66	1,10
	44	56		54	66	1,22
	38	56		48	66	1,38
	42	54		52	64	1,23
	48	54		58	64	1,10
	45	54		55	64	1,16
	55	57		65	67	1,03
Laje Cobert.	$L_{0x}$	$L_{0y}$		$L_{efX}$	$L_{efY}$	$\lambda$
	56	57	(+10cm)	66	67	1,02
	53	57		63	67	1,06
52	56	62		66	1,06	

Fonte: Autoria Própria

Vale esclarecer que, foram calculadas múltiplas lajes maciças simplesmente apoiadas, com as dimensões recém mencionadas, que em conjunto formam duas placas de 5 cm de espessura, uma placa para o primeiro pavimento e outra para a cobertura. Nas condições do projeto, o cobrimento nominal mínimo da armadura é de 2 cm.

Nesse estudo, pelo fato de as nervuras serem em madeira, e a mesma exigir recortes e encaixes específicos, são necessários diversos formatos, por isso tantas análises. Isso pode ser confirmado na figura 51 e 52. A cobertura não apresenta tantas variações pois não exige grandes recortes, pois a mesma não possui cargas

específicas. Diferente do segundo pavimento, que possui paredes. As mesmas foram desenhadas a fim de ficarem perfeitamente alinhadas com alguma nervura, para garantir melhor transferência de forças sem causar esforços não desejáveis.

Pela condição de  $\lambda < 2$  para todos os tipos de “retângulos” formados pelas vigas de madeira, as lajes nervuradas são do tipo Armada em Duas Direções.

#### 4.4.3 Condições de Apoio

As duas lajes são simplesmente apoiadas e o processo para se determinar as reações de apoio nas nervuras deve considerar cada polígono formado na laje nervurada também como lajes simplesmente apoiadas.

#### 4.4.4 Obtenção das Reações de Apoio - Método do Regime de Ruptura

Para o cálculo das reações de apoio das lajes retangulares, foram formuladas tabelas a partir do cálculo das áreas de influência dos diversos casos de lajes.

Adotando-se as expressões e tabelas apresentadas em Carvalho e Figueiredo Filho (2016), tem-se:

$$q_x^+ = k_x^+ \cdot p \cdot l_x / 10 \quad (15)$$

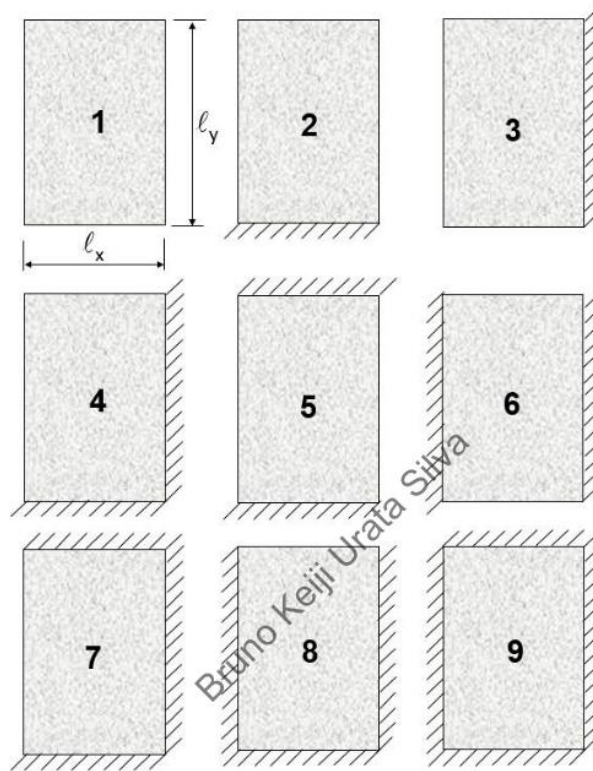
$$q_y^+ = k_y^+ \cdot p \cdot l_x / 10 \quad (16)$$

Onde:

- $q$ : reação de apoio por unidade de comprimento;
- $k$ : valor tabelado;
- $l_x$ : menor dimensão de cálculo da laje;
- $p$ : carga distribuída atuante na laje.

Para se determinar os índices  $k_x^+$  e  $k_y^+$ , é necessário primeiro identificar o tipo de laje entre os nove tipos mais comuns, que variam de acordo com seu engastamento, se tiver, com lajes vizinhas.

Figura 54 - Imagem que indica os nove tipos de laje baseado nos seus apoios e suas possíveis combinações entre as 4 faces.



Fonte: (PERLIN; PINTO; PADARATZ, 2020, p. 52).

A laje desse estudo é simplesmente apoiada, ou seja, não é engastada e logo é do tipo 1. Com essa informação deve-se achar o valor dos índices mencionados anteriormente. Segue uma tabela adaptada, já compatível com o tipo de laje da análise. Na tabela abaixo, os valores em linhas com um tom de verde são os valores exatos encontrados na referência. Todos os outros foram determinados por interpolação linear.

Tabela 40 – Determinação de  $\alpha$ ,  $k_x$  e  $k_y$ 

Tabelas 3.6 e 3.7 (adaptadas)		
Lâmbda	Reações de Apoio	
	Laje Tipo 1	
	$k_x$	$k_y$
1,00	2,50	2,50
1,01	2,52	2,50
1,02	2,55	2,50
1,03	2,57	2,50
1,04	2,60	2,50
1,05	2,62	2,50
1,06	2,64	2,50
1,07	2,66	2,50
1,08	2,69	2,50
1,09	2,71	2,50
1,10	2,73	2,50
1,11	2,75	2,50
1,12	2,77	2,50
1,13	2,79	2,50
1,14	2,81	2,50
1,15	2,83	2,50
1,16	2,85	2,50
1,17	2,87	2,50
1,18	2,88	2,50
1,19	2,90	2,50
1,20	2,92	2,50
1,21	2,94	2,50
1,22	2,95	2,50
1,23	2,97	2,50
1,24	2,98	2,50
1,25	3,00	2,50
1,26	3,02	2,50
1,27	3,03	2,50
1,28	3,05	2,50
1,29	3,06	2,50
1,30	3,08	2,50
1,31	3,09	2,50
1,32	3,11	2,50
1,33	3,12	2,50
1,34	3,14	2,50
1,35	3,15	2,50
1,36	3,16	2,50
1,37	3,17	2,50
1,38	3,19	2,50
1,39	3,20	2,50
1,40	3,21	2,5

Fonte: (PERLIN; PINTO; PADARATZ, 2020, p. 52), adaptado.

Uma vez identificado os valores dos índices para cada laje, que são diversas, é necessário aplicar as equações (14) e (15). Seguem planilhas com todos os índices para fácil conferência. Para a tabela a seguir, será utilizada a carga  $p$  da combinação do Estado Limite de Serviço.

Tabela 41 – Reações de Apoio considerando  
Combinação de Estado Limite de Serviço

Obtenção das Reações de Apoio das Nervuras

	$l_{nx}$	$l_{ny}$		$L_x$	$L_y$	$\lambda$	$p$ (kN/m <sup>2</sup> ) (ELS)	$k_x^+$	$k_y^+$	$q_x^+$	$q_y^+$	$q_x^+$ e $q_y^+$ utilizados no dimensionamento
Laje 1º Pav	52	57	Laje 1º Pav	0,62	0,67	1,08	2,1	2,69	2,5	0,36	0,33	0,50
	45	57		0,55	0,67	1,22	2,1	2,95	2,5	0,35	0,30	
	56	57		0,66	0,67	1,02	2,1	2,55	2,5	0,36	0,35	
	57	63		0,67	0,73	1,09	2,1	2,71	2,5	0,39	0,36	
	50	56		0,60	0,66	1,10	2,1	2,73	2,5	0,35	0,32	
	44	56		0,54	0,66	1,22	2,1	2,95	2,5	0,34	0,29	
	38	56		0,48	0,66	1,38	2,1	3,19	2,5	0,33	0,26	
	42	54		0,52	0,64	1,23	2,1	2,97	2,5	0,33	0,28	
	48	54		0,58	0,64	1,10	2,1	2,73	2,5	0,34	0,31	
	45	54		0,55	0,64	1,16	2,1	2,85	2,5	0,34	0,30	
55	57	0,65	0,67	1,03	2,1	2,57	2,5	0,36	0,35			
Laje Cobert.	56	57	Laje Cobert.	0,66	0,67	1,02	5,8	2,55	2,5	0,98	0,96	1,10
	53	57		0,63	0,67	1,06	5,8	2,64	2,5	0,97	0,92	
	52	56		0,62	0,66	1,06	5,8	2,64	2,5	0,96	0,91	
Varanda	57	62	Varanda	0,67	0,72	1,07	2,4	2,66	2,5	0,44	0,41	0,55

Fonte: Autoria Própria

Nota-se que, para cada setor (1º Pavimento, Cobertura e Varanda), o maior valor entre os  $q_x^+$  e  $q_y^+$  foram destacados, que mesmo assim, um valor cerca de 0,10KN/m será adicionado no dimensionamento. Notar o acréscimo proposital de cargas.

Essa será a segunda análise de dimensionamento, destacando que, como será visto mais adiante. A primeira análise será utilizando a combinação de estado limite último normal para o segundo pavimento e o estado limite último normal, considerando a carga especial como uma carga comum (essa combinação será chamada de agora em diante de ELU\*) para a laje cobertura. Esse é o cenário mais desafiador. Reproduzindo a tabela 41 na combinação ELU\* o resultado é o seguinte:

Tabela 42 - Reações de Apoio considerando a Combinação ELU\*

Obtenção das Reações de Apoio das Nervuras												
	$l_{nx}$	$l_{ny}$		$L_x$	$L_y$	$\lambda$	$p$ (kN/m <sup>2</sup> ) (ELS)	$k_x^+$	$k_y^+$	$q_x^+$	$q_y^+$	$q_x^+$ e $q_y^+$ utilizados no dimensionamento
Laje 1 <sup>o</sup> Pav	52	57	Laje 1 <sup>o</sup> Pav	0,62	0,67	1,08	4,4	2,69	2,5	0,74	0,69	0,90
	45	57		0,55	0,67	1,22	4,4	2,95	2,5	0,72	0,61	
	56	57		0,66	0,67	1,02	4,4	2,55	2,5	0,75	0,74	
	57	63		0,67	0,73	1,09	4,4	2,71	2,5	0,81	0,75	
	50	56		0,60	0,66	1,10	4,4	2,73	2,5	0,73	0,67	
	44	56		0,54	0,66	1,22	4,4	2,95	2,5	0,71	0,60	
	38	56		0,48	0,66	1,38	4,4	3,19	2,5	0,68	0,54	
	42	54		0,52	0,64	1,23	4,4	2,97	2,5	0,69	0,58	
	48	54		0,58	0,64	1,10	4,4	2,73	2,5	0,71	0,65	
	45	54		0,55	0,64	1,16	4,4	2,85	2,5	0,70	0,61	
55	57	0,65	0,67	1,03	4,4	2,57	2,5	0,75	0,72			
Laje Cobert.	56	57	Laje Cobert.	0,66	0,67	1,02	9,7	2,55	2,5	1,64	1,61	1,70
	53	57		0,63	0,67	1,06	9,7	2,64	2,5	1,62	1,54	
	52	56		0,62	0,66	1,06	9,7	2,64	2,5	1,60	1,51	
Varanda	57	62	Varanda	0,67	0,72	1,07	5,9	2,66	2,5	1,06	1,00	1,15

Fonte: Autoria própria

## 4.5 DIMENSIONAMENTO DA ESTRUTURA DE MADEIRA

### 4.5.1 Propriedades mecânicas da madeira

Serão apresentados agora todos os índices e valores necessários para se iniciar um dimensionamento estrutural em madeira. Todos os valores necessários aos cálculos serão apresentados na tabela 45, no final desse tópico.

#### 4.5.1.1 Rigidez

Na falta de determinação experimental específica, calcular o módulo médio de elasticidade  $E_{c90,med}$  na direção perpendicular às fibras conforme a seguir:

$$E_{c90,med} = \frac{E_m \text{ ou } E_{c0,med}}{20} \quad (17)$$

#### 4.5.1.2 Classe de Umidade

O projeto das estruturas de madeira deve ser feito admitindo-se uma das classes de umidade especificadas na Tabela abaixo. As classes de umidade têm por finalidade ajustar as propriedades de resistência e de rigidez da madeira em função das condições ambientais onde permanecem as estruturas durante a sua vida útil.

Tabela 43 – Umidade

Classes de Umidade	Umidade relativa do ambiente (Uamb)	Umidade de equilíbrio máxima da madeira
1	Uamb < 65%	12%
2	<65% Uamb < 75%	15%
3	<75% Uamb < 85%	18%
4	Uamb > 85%	>25%

Fonte: Adaptado da ABNT NBR 7190

Relembrando as informações dos capítulos iniciais sobre o local, a umidade relativa do ambiente é pouco inferior à 80%, logo será considerada classe de umidade 3.

#### 4.5.1.3 Condições de Referência

##### 4.5.1.3.1 Condição Padrão de Referência

A padronização é feita corrigindo os valores de resistência e módulos de elasticidade para valores com umidade de 12%

A resistência deve ser corrigida pela seguinte equação:

$$f_{12} = f_U \cdot \left[ 1 + \frac{3 \cdot (U - 12)}{100} \right] \quad (18)$$

A rigidez deve ser corrigida pela seguinte equação:

$$E_{12} = E_U \cdot \left[ 1 + \frac{2 \cdot (U - 12)}{100} \right] \quad (19)$$



#### 4.5.1.4 Valores Representativos

##### 4.5.1.4.1 Valores de cálculo

O valor de cálculo  $X_D$  de uma propriedade da madeira é obtido a partir do valor característico  $X_K$ , pela seguinte equação:

$$X_D = k_{mod} \cdot \frac{X_k}{\gamma_w} \quad (20)$$

Onde:

$\gamma_w$  é o coeficiente de minoração das propriedades da madeira;

$k_{mod}$  é o coeficiente de modificação, que contempla influências não consideradas por  $\gamma_w$  (conforme 5.8.4).

#### 4.5.1.5 Coeficientes de Modificação $k_{mod}$

##### 4.5.1.5.1 Coeficiente de Modificação $k_{mod1}$

O coeficiente parcial de modificação  $k_{mod1}$ , contempla a classe de carregamento e o tipo de material utilizado. De acordo com a ABNT NBR 7190:2022, será considerado  $k_{mod1} = 0,6$ .

##### 4.5.1.5.2 Coeficiente de Modificação $k_{mod2}$

O coeficiente parcial de modificação  $k_{mod2}$ , que contempla a classe de umidade e o tipo de material utilizado. Relembrando que a umidade local anual de Lages é de aproximadamente 79% e de acordo com a ABNT NBR 7190:2022 a classe de umidade do local é a classe 3, e está sendo usado madeira serrada e roliça, logo o  $k_{mod2} = 0,80$ .

##### 4.5.1.5.3 Coeficientes de Minoração da Resistência para Estados-Limites Último

O coeficiente de minoração  $\gamma_w$  para estados-limite últimos decorrentes de tensões normais tem o valor básico  $\gamma_w=1,4$ . O coeficiente de ponderação para

estados-limite últimos decorrentes de tensões de cisalhamento tem o valor básico  $\gamma_w=1,8$ .

#### 4.5.1.5.4 Coeficientes de Minoração da Resistência para Estados-Limites de Serviço

O coeficiente de ponderação para estados-limite de serviço tem o valor básico  $\gamma_w=1,0$ .

#### 4.5.1.5.5 Estimativa da resistência característica e módulo de elasticidade

Nas verificações de estados-limite de serviço, deve ser considerado o valor médio do módulo de elasticidade ( $E_{0,med}$ ).

Nas verificações de estados limites últimos referentes à estabilidade de peças comprimidas e flexocomprimidas, deve ser utilizado o valor característico para o módulo de elasticidade ( $E_{0,05}$ ). Pode ser utilizado como sendo igual a 70 % do valor médio do módulo de elasticidade, conforme a seguinte equação:

$$E_{0,05} = 0,7 \cdot E_{c0,med} \quad (21)$$

Nas verificações de estados-limite últimos, referentes à estabilidade lateral de vigas, deve ser considerado o valor efetivo para o módulo de elasticidade ( $E_{ef}$ ), calculado conforme a seguinte equação:

$$E_{0,ef} = k_{mod} \cdot E_{0,med} \quad (22)$$

Quando necessário, o módulo de elasticidade transversal deve ser calculado conforme a seguinte equação:

$$G_{med} = \frac{E_{0,med}}{16} \quad (23)$$

#### 4.5.1.6 Tração Paralela às Fibras

O valor de cálculo da resistência à tração paralela às fibras pode ser considerado igual ao valor de cálculo da resistência à compressão paralela às fibras:

$$f_{t0,d} = f_{c0,d} \quad (24)$$

#### 4.5.1.7 Tração Perpendicular às Fibras

Considera-se para viabilizar o uso da Fórmula de Hankinson na tração inclinada em relação às fibras, um valor mínimo de resistência igual a 6 % do valor de tração paralela às fibras:

$$f_{t90,d} = 0,06 \cdot f_{t0,d} \quad (25)$$

#### 4.5.1.8 Compressão Perpendicular às Fibras

Os esforços resistentes correspondentes à compressão perpendicular às fibras são determinados com a hipótese de comportamento elastoplástico da madeira, devendo considerar a extensão (a') do carregamento, medida paralelamente à direção das fibras. Se a força estiver aplicada a menos de 7,5 cm da extremidade da peça ou  $a' \geq 15$  cm, admite-se  $\alpha_n = 1$ .

Para casos que não estiverem na tabela 43 abaixo, deve-se fazer uma interpolação linear.

Tabela 44 – Valores de  $\alpha_n$

Extensão (a') do carregamento perpendicular às fibras, medida paralelamente a estas cm	Coefficiente $\alpha_n$
1	2,00
2	1,70
3	1,55
4	1,40
5	1,30
7,5	1,15
10	1,10
15	1,00

Fonte: ABNT 7190.

#### 4.5.1.9 Valores de Cálculo de Resistência

O cálculo da resistência é realizado conforme a seguinte equação:

$$f_{wd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{wk}}{\gamma_w} \quad (26)$$

Para as madeiras classificadas a partir de ensaios em peças estruturais, os valores característicos das resistências são dados pelas classes de resistência. Para

as espécies que já foram estudadas por laboratórios de reconhecida competência, podem ser utilizadas as seguintes equações simplificadas:

$$f_{ck,12} = 0,70 \cdot f_{c,med,12} \quad (27)$$

$$f_{vk,12} = 0,54 \cdot f_{v,med,12} \quad (28)$$

$$f_{12} = f_U \cdot \left[ 1 + \frac{3 \cdot (U - 12)}{100} \right] \quad (29)$$

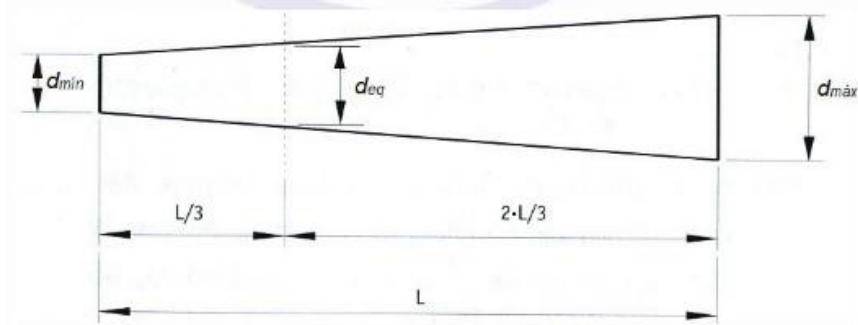
Lembrar que para cálculo de  $f_{12}$ , não podem ser usados valores de umidade (U %) acima de 25 %. Para esse projeto, quando mencionado o termo 'madeira verde', a umidade desse estado é considerada de U=20%.

#### 4.5.1.10 Peças de Seção Circular

As peças de seção circular variável (peças roliças) podem ser calculadas como se fossem de seção circular constante representada pelo diâmetro equivalente ( $d_{EQ}$ ), sendo que o mesmo é calculado pela fórmula a seguir:

$$d_{eq} = d_{min} + \left( \frac{d_{máx} - d_{min}}{3} \right) \quad (30)$$

Figura 55 – Diâmetro equivalente



Fonte: ABNT NBR 7190:2022, página 69.

#### 4.5.1.11 Resistência às Tensões Normais Inclinadas em Relação às Fibras da Madeira

Permite-se ignorar a influência da inclinação  $\alpha$  das tensões normais em relação às fibras da madeira até o ângulo  $\alpha = 6^\circ$ . Para inclinações maiores, é preciso considerar a redução de resistência, calcular conforme a seguinte equação (fórmula de Hankinson):

$$f_{\alpha} = \frac{f_0 \cdot f_{90}}{f_0 \cdot \text{sen}^2 \alpha + f_{90} \cdot \text{cos}^2 \alpha} \quad (31)$$

#### 4.5.1.12 Planilha Resumo dos itens apresentados no tópico 2.3.2.3 – Esforços Resistentes em Estados Limites Últimos

Com o conteúdo e suas fórmulas de cálculo apresentados, a tabela 45 é a planilha em que se foi feita para unificar todos os dados necessários para as próximas etapas.

Destaca-se que, por falta de valores reais, de madeiras reais, foram utilizadas informações contidas no site do IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Foi utilizado para esse projeto a espécie de madeira *Eucalyptus citriodora*.

Na tabela a seguir, a segunda coluna referência os dados coletados nesse site.



Tabela 45 – Resumo dos valores necessários para o dimensionamento. N

Espécie da Madeira	Dados IPT		Obtenção de Novos Dados									
		Valor numérico	Fórmulas usadas	Nova Informação	Valor Corrigido	Fórmulas usadas	Nova Informação	Valor da nova informação	Fórmulas usadas	Nova Informação	Valor da nova informação	
Eucalipto citrindora	Densidade U=15% (kg/m³)			--			--		--	--	--	
	Contração	Radial (%)	6,60		--			--		--	--	
		Tangencial (%)	9,50		--			--		--	--	
		Volumétrica (%)	19,40		--			--		--	--	
	Flexão U=20%	fm20 (MPa)	111,80	$f_{t2} = f_U \left[ 1 + \frac{3(U-12)}{100} \right]$	fm12 (MPa)	138,63		--		--	--	
		Limite de Proporcionalidade (MPa)	47,20		--			--		--	--	
		Mód. Elastic. Em0,med (MPa)	13337	$E_{t2} = E_U \left[ 1 + \frac{2(U-12)}{100} \right]$	Em0,med (MPa)	15470,92	$E_{0,ef} = K_{mod1} \cdot K_{mod2} \cdot E_{0,med}$	Em0,ef (MPa) (Estabilidade Lateral)	7426,04	--	--	
	Compressão Paralela às Fibras U=20%	fc0m20 (MPa)	51,10	$f_{t2} = f_U \left[ 1 + \frac{3(U-12)}{100} \right]$	fc0m12 (MPa)	63,36	$f_{c,k,12} = 0,70 \cdot f_{c,med,12}$	fck,12 (MPa)	44,35	$f_{wd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_w}$	fcd (MPa)	15,21
		Coef. De Influência de Umidade (%)	4,70		--			--		--	--	
		Limite da Proporcionalidade (MPa)	33,70		--			--		--	--	
		Mód. Elastic. Ec0,med (MPa)	15867	$E_{t2} = E_U \left[ 1 + \frac{2(U-12)}{100} \right]$	Ec0,med (Mpa)	18405,72	$E_{c90,med} = \frac{E_m \text{ ou } E_{c0,med}}{20}$ $E_{0,05} = 0,7 \cdot E_{c0,med}$ $E_{0,ef} = K_{mod1} \cdot K_{mod2} \cdot E_{0,med}$	Ec90,med (MPa) (Compressão Perpend. Às Fibras) E0,05 (MPa) (Para ELU de Compressão e Flexocompressão) Ec0,ef (MPa) (Estabilidade Lateral)	920,29 12884,00 8834,75	-- -- --	-- -- --	
	Outras Propriedades	Resist. Ao Impacto na Flexão U=15%	--		--			--		--	--	
		Cisalhamento U=20% (fv20) (MPa)	16,30	$f_{t2} = f_U \left[ 1 + \frac{3(U-12)}{100} \right]$	fv90,12	20,21	$f_{v,k,12} = 0,54 \cdot f_{v,med,12}$	fvk,12 (MPa)	10,91	$f_{wd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{vk}}{\gamma_w}$	fvd (MPa)	2,91
		Dureza Janka Paralela U=20% (N)	8757		--			--		--	--	
		Tração Normal U=20% (ft0,20) (MPa)	10,10	$f_{t2} = f_U \left[ 1 + \frac{3(U-12)}{100} \right]$	ft0,12	12,52		--		--	--	
		Fendilhamento U=20% (MPa)	1,20		--			--		--	--	

Fonte: Autoria Própria



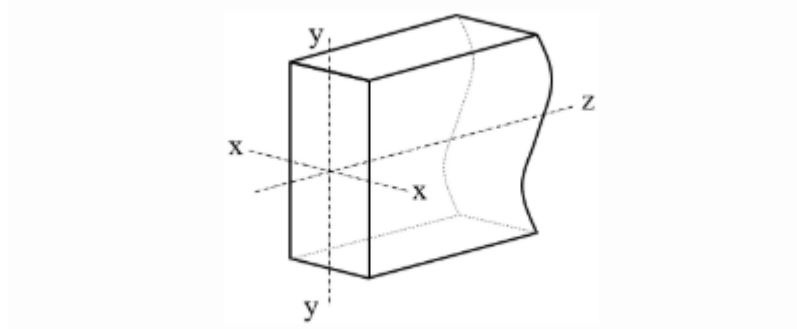


## 4.6 DIMENSIONAMENTO DE BARRAS NA COMBINAÇÃO ELU

### 4.6.1 Generalidades

Nas considerações de eixos ortogonais em barras, considerar como apresentado na Figura 56, ou seja, z indica a direção axial; x e y as direções normais ao eixo z, normais entre si, e contidas na seção transversal da peça.

Figura 56 – Denominações dos Eixos Ortogonais



Fonte: Apostila de Estruturas de Madeira I, UFSC.

### 4.6.2 Tração

Nas barras tracionadas axialmente, a condição de segurança é calculada conforme a seguinte equação:

$$\sigma_{N_{t,d}} = \frac{N_{t,d}}{A} \leq f_{t0,d} \quad (32)$$

$\sigma_{N_{t,d}}$  é o valor de cálculo da tensão de tração normal à seção transversal;

$N_{t,d}$  é o valor de cálculo da força normal de tração;

$A$  é a área líquida da seção transversal;

$f_{t0,d}$  é o valor de cálculo da resistência à tração paralela às fibras.

### 4.6.3 Compressão

Além da verificação de estabilidade de acordo com 2.2.1.9, a condição de segurança relativa à resistência à compressão axial é calculada conforme a seguinte equação:

$$\sigma N_{c,d} = \frac{N_{c,d}}{A} \leq f_{c0,d} \quad (33)$$

Onde:

$\sigma N_{c,d}$  é o valor de cálculo da tensão de tração normal à seção transversal;

$N_{c,d}$  é o valor de cálculo da força normal de tração;

$A$  é a área líquida da seção transversal;

$f_{c0,d}$  é o valor de cálculo da resistência à tração paralela às fibras.

No caso de peças com fibras inclinadas de ângulos  $\alpha > 6^\circ$ , aplica-se à  $f_{c0,d}$  a redução em 2.2.1.6.6.

Nas peças submetidas à compressão perpendicular às fibras, a condição de segurança é calculada conforme as equações a seguir:

$$\sigma_{90,d} \leq f_{c90,d} = 0,25 \cdot f_{c0,d} \cdot \alpha_n \quad (34)$$

#### 4.6.4 Flexão Simples Reta

Para as peças fletidas, considera-se o vão teórico igual ao menor dos seguintes valores:

a) distância entre eixos dos apoios;

b) vão livre acrescido da altura da seção transversal da peça no meio do vão, não se considerando acréscimo maior que 10 cm.

Nas barras submetidas a momento fletor cujo plano de ação contém um eixo central de inércia da seção transversal resistente, a seguinte expressão deve ser atendida:

$$\frac{\sigma M_d}{f_{m,d}} = \frac{M_d/W}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (35)$$

Onde:

$\sigma M_d$  é o valor máximo de cálculo da tensão atuante de flexão, calculado por  $M_d/W$ ;

$f_{m,d}$  é o valor de cálculo da resistência à flexão (foi utilizado nesse estudo  $f_{m,d} = f_{c0,d}$ );

$M_d$  é o valor de cálculo do momento fletor;

$W$  é o módulo de resistência da seção transversal à direção paralela às fibras, em relação ao eixo central de inércia perpendicular ao plano de ação do momento fletor.

Também deve ser feita a verificação da condição de instabilidade da peça, conforme 2.2.1.9.4.

#### 4.6.5 Flexão Simples Oblíqua

Nas seções submetidas a momento fletor cujo plano de ação não contém um de seus eixos centrais de inércia, a condição de segurança é expressa pela mais rigorosa das duas condições seguintes:

$$\frac{\sigma M_{x,d}}{f_{m,d}} + k_M \cdot \frac{\sigma M_{y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (36)$$

$$k_M \cdot \frac{\sigma M_{x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma M_{y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (37)$$

Onde:

$\sigma M_{x,d}$  e  $\sigma M_{y,d}$  são as tensões máximas de cálculo devidas às componentes de flexão atuantes segundo as direções principais;

$f_{m,d}$  é a resistência de cálculo na flexão conforme 6.3.4

O coeficiente de correção pode ser utilizado com os valores:

a) seção retangular:  $k_M = 0,7$ ;

b) outras seções transversais:  $k_M = 1,0$ .

Também deve ser feita a verificação da condição de instabilidade da peça, conforme 2.2.1.9.4.

#### 4.6.6 Flexotração

Nas barras submetidas à flexotração, a condição de segurança é expressa pela mais rigorosa das duas equações seguintes aplicadas ao ponto mais solicitado da borda mais tracionada, considerando-se uma função linear para a influência das tensões devidas à força normal de tração:

$$\frac{\sigma N_{t0,d}}{f_{t0,d}} + \frac{\sigma M_{x,d}}{f_{m,d}} + k_M \cdot \frac{\sigma M_{y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (38)$$

$$\frac{\sigma N_{t0,d}}{f_{t0,d}} + k_M \cdot \frac{\sigma M_{x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma M_{y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (39)$$

Onde:

$\sigma N_{t0,d}$  é o valor de cálculo da parcela de tensão normal atuante em virtude apenas da força normal de tração;

$f_{t0,d}$  é a resistência de cálculo à tração paralela às fibras e os demais símbolos têm os significados definidos em 6.3.5.

#### 4.6.7 Flexocompressão

Além da verificação de estabilidade a ser feita de acordo com 6.5.5, a condição de segurança relativa à resistência das seções transversais submetidas à flexocompressão é expressa pela mais rigorosa das duas equações seguintes, aplicadas ao ponto mais solicitado da borda mais comprimida, considerando-se uma função quadrática para a influência das tensões devidas à força normal de compressão:

$$\left(\frac{\sigma N_{c0,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma M_{x,d}}{f_{m,d}} + k_M \cdot \frac{\sigma M_{y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (40)$$

$$\left(\frac{\sigma N_{c0,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + k_M \cdot \frac{\sigma M_{x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma M_{y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad (41)$$

Onde:

$\sigma N_{c0,d}$  é o valor de cálculo da parcela de tensão normal atuante em virtude apenas da força normal de compressão;

$f_{c0,d}$  é a resistência de cálculo à compressão paralela às fibras e os demais símbolos são conforme Seção 3.

#### 4.6.8 Cisalhamento

##### 4.6.8.1 Cisalhamento nas Ligações

Nas ligações submetidas à força cortante, a condição de segurança em relação às tensões tangenciais é expressa por:

$$\tau_d = \frac{V_d}{A} \leq f_{v0,d} \quad (42)$$

Onde:

$\tau_d$  é a tensão de cisalhamento atuando na área A em estudo, e produzida pela força Vd.

##### 4.6.8.2 Cisalhamento Longitudinal em Vigas

Nas vigas submetidas à flexão com força cortante, a condição de segurança em relação às tensões tangenciais é calculada conforme a seguir:

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot S}{b \cdot I} \leq f_{v0,d} \quad (43)$$

Onde:

$\tau_d$  é a máxima tensão de cisalhamento atuando no ponto mais solicitado da peça;

$V_d$  é a força cortante na seção em estudo; S

S é o momento estático da seção para o ponto onde se quer calcular a tensão; b I

b é a largura ou somatória das larguras no ponto da seção em estudo;

I é o momento de inércia da seção transversal

Em vigas de seção transversal retangular, de largura b e altura h, e, portanto, área  $A = b \cdot h$ , a equação anterior se reduz a:

$$\tau_d = 1,5 \cdot \frac{V_d}{A} \quad (44)$$

Na falta de determinação experimental específica, admitem-se:

a) Coníferas:

$$f_{v0,d} = 0,12 \cdot f_{c0,d} \quad (45)$$

b) folhosas:

$$f_{v0,d} = 0,10 \cdot f_{c0,d} \quad (46)$$

## 4.6.9 Estabilidade

### 4.6.9.1 Generalidades

O procedimento para a verificação da estabilidade das peças comprimidas deve atender de 2.2.1.9.2 a 2.2.1.9.5

### 4.6.9.2 Condições de Alinhamento das Peças

Para peças que compõem pórticos, treliças, pilares ou vigas em que a instabilidade lateral pode ocorrer, o desvio no alinhamento axial da peça, medido na metade da distância entre os apoios, deve ser limitado em:

a) L/300 para peças de madeira serrada ou roliça;

#### 4.6.9.3 Esbeltez

Os requisitos de dimensionamento dependem da esbeltez da peça, definida pelo seu índice de esbeltez, calculado conforme seguir:

$$\lambda = \frac{L_0}{\sqrt{I/A}} \quad (47)$$

Onde:

- $L_0$  é o comprimento de flambagem;
- $I$  é o momento de inércia na direção analisada;
- $A$  é a área da seção transversal.

Devem ser investigadas as condições que resultem em uma menor resistência para a peça, considerando as eventuais contribuições de contraventamentos existentes nas diferentes direções. O comprimento de flambagem  $L_0$ , depende das condições de vinculação das extremidades das barras e é calculado conforme a seguinte equação:

$$L_0 = k_E \cdot L \quad (48)$$

Onde:

- $L$  é o comprimento real da estrutura vertical
- $k_E$  é o coeficiente normatizado

Tabela 46 – Valores dos coeficiente  $K_E$ 

Modos de flambagem						
Valores de projeto para $K_E$	0,65	0,80	1,20	1,00	2,10	2,40
Código das condições de extremidade		Rotação e translação lateral impedidas, translação vertical livre				
		Rotação e translação vertical livres, translação lateral impedida				
		Rotação livre e translações impedidas				
		Rotação impedida e translações livres				
		Rotação e translações livres				

Fonte: Autoria Própria

O valor do coeficiente  $k_E$ , para os pilares do projeto, podem ser observados dois modos de flambagem. O primeiro para os trechos dos pilares que estão entre o térreo e o primeiro pavimento. O segundo, pro trecho que vai do primeiro pavimento até a cobertura.

No caso do trecho de pilar que nasce no térreo, o modo de flambagem é o que possui o coeficiente  $k_E = 2,40$ . A condição da extremidade inferior, que é um porta-pilar que não resiste à momentos, se assemelha então à uma rotação livre e tem translações impedidas. E a extremidade superior, possuindo mãos francesas, tem a rotação impedida, porém com translações livres.

No caso do trecho de pilar entre o primeiro pavimento e a cobertura, o modo de flambagem é o que possui o coeficiente  $k_E = 1,20$ . A condição da extremidade inferior, que pode ser considerado um engaste por ser uma continuação do pilar do trecho anterior, tem a rotação e translação lateral impedidas, porém com translação vertical livre. E a extremidade superior, possuindo mãos francesas, tem a rotação e translação lateral impedidas, porém com translações livres, igual ao primeiro trecho do pilar.

Existe um pilar que não se encaixa nessas categorias, que é o pilar P2, que nasce no primeiro pavimento. Logo o mesmo teria o coeficiente  $k_E = 2,40$ . A única diferença, é que pelo P2 nascer no primeiro pavimento, ele tem comprimento maior.



Sobre os comprimentos, os trechos que vão do térreo ao primeiro pavimento, todos possuem 3,30 m de comprimento. Já os trechos do andar seguinte, eles têm comprimentos variados devido à angulação de 5° da cobertura.

Após a exposição do quesito Esbeltez Relativa, serão apresentadas três planilhas demonstrando as conferências de esbeltez dos pilares com dois comprimentos apenas, 3,30 m para os trechos inferiores e 3,60 m para os trechos superiores. O comprimento de 3,60 m é o maior comprimento entre todos os trechos de pilar do primeiro pavimento.

As estruturas com seção retangular que precisam ter a esbeltez conferida são os contraventamentos e mãos francesas. Para essa análise, foi feita uma planilha com o intuito de achar as dimensões que não conferem segurança. Para fazer isso, foram testadas diferentes comprimentos e seções até determinar os valores incompatíveis com o sucesso do quesito.

De acordo com a norma, o índice de esbeltez das peças sujeitas à compressão axial ou à flexocompressão não pode ser maior que 140.

#### 4.6.9.4 Esbeltez Relativa

Os índices de esbeltez relativa são definidos por:

- em x:

$$\lambda_{rel,x} = \frac{\lambda_x}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,05}}} \quad (49)$$

- em y:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c0,k}}{E_{0,05}}} \quad (50)$$

Onde:

- $\lambda_{rel,x}$  e  $\lambda_{rel,y}$  são os índices de esbeltez relativa correspondentes à flexão em relação a x e y, respectivamente;
- $\lambda_x$  e  $\lambda_y$  representam os índices de esbeltez segundo os eixos x e y, respectivamente, conforme definido em 5.5.2;

-  $E_{0,05}$  é o valor característico do módulo de elasticidade medido na direção paralela às fibras da madeira, conforme 5.8.7.

Uma peça obtendo  $\lambda_{rel} \geq 0,3$ , seja em qual direção for, necessita da verificação da sua estabilidade, além da resistência da seção transversal mais solicitada. Será visto que, para as barras deste projeto, não será necessária a verificação da estabilidade dados seus valores de esbeltez relativos.

Seguem as planilhas referentes à esbeltez e esbeltez das barras de seção retangular e dos pilares, respectivamente.

Tabela 47 – Esbeltez relativa de seções retangulares

Esbeltez																
Seção Retangular																
k.E	L	L0	Base (m)	Altura (m)	Área (m²)	Ix (m⁴)	Iy (m⁴)	lâmbda X	lâmbda Y	lâmbda máx	confere?	Esbeltez relativa				
												fc0k	E0,05 (Pa)	lambda relativo x	lambda relativo y	lambdas relativos < 0,3 ?
1	1	1	0,05	0,15	0,0075	1,41E-05	1,56E-06	23,09	69,28	140	ok!	45	12884004	0,014	0,041	ok!
1	1,5	1,5	0,05	0,15	0,0075	1,41E-05	1,56E-06	34,64	103,92	140	ok!	45	12884004	0,021	0,062	ok!
1	2	2	0,05	0,15	0,0075	1,41E-05	1,56E-06	46,19	138,56	140	ok!	45	12884004	0,027	0,082	ok!
1	2,1	2,1	0,05	0,15	0,0075	1,41E-05	1,56E-06	48,50	145,49	140	NÃO !!	45	12884004	0,029	0,087	ok!
1	2,1	2,1	0,1	0,15	0,015	2,81E-05	1,25E-05	48,50	72,75	140	ok!	45	12884004	0,029	0,043	ok!
1	2,5	2,5	0,1	0,15	0,015	2,81E-05	1,25E-05	57,74	86,60	140	ok!	45	12884004	0,034	0,052	ok!
1	3	3	0,1	0,15	0,015	2,81E-05	1,25E-05	69,28	103,92	140	ok!	45	12884004	0,041	0,062	ok!
1	3,5	3,5	0,1	0,15	0,015	2,81E-05	1,25E-05	80,83	121,24	140	ok!	45	12884004	0,048	0,072	ok!
1	4	4	0,1	0,15	0,015	2,81E-05	1,25E-05	92,38	138,56	140	ok!	45	12884004	0,055	0,082	ok!

Fonte: Autoria própria

Pode ser visto então que, usar seções 5 x 15 cm para peças menores que 2 m, garante já não falhar o quesito. Para peças maiores, é necessária uma composição, tornando a seção transversal mínima de 10 x 15 cm. Nas tabelas 48 e 49, foram utilizados os maiores pilares possíveis para fazer a análise, ou seja, atendendo nesse pilar, todos os outros automaticamente passam no quesito também.

Tabela 48 – Esbeltez de seções circulares do trecho de pilar Térreo - 1º Pav.

Esbeltez no trecho do pilar Térreo - 1º Pav.													
Seção circular													
k.E	L	L0	Diâmetro (m)	Raio (m)	Área (m²)	I (m <sup>4</sup> )	lâmbda	lâmbda máx	confere?	Esbeltez relativa			
										fc0k	E0,05 (Pa)	lambda relativo x e y	lambdas relativos < 0,3 ?
2,4	3,3	7,92	0,19	0,095	0,028443	6,42E-05	166,74	140	NÃO !!	45	12884004	0,09918878	ok!
2,4	3,3	7,92	0,2	0,1	0,031516	7,88E-05	158,40	140	NÃO !!	45	12884004	0,09422934	ok!
2,4	3,3	7,92	0,21	0,105	0,034746	9,58E-05	150,86	140	NÃO !!	45	12884004	0,08974223	ok!
2,4	3,3	7,92	0,22	0,11	0,038134	1,15E-04	144,00	140	NÃO !!	45	12884004	0,08566303	ok!
2,4	3,3	7,92	0,23	0,115	0,04168	1,38E-04	137,74	140	ok!	45	12884004	0,08193855	ok!
2,4	3,3	7,92	0,24	0,12	0,045383	1,63E-04	132,00	140	ok!	45	12884004	0,07852445	ok!
2,4	3,3	7,92	0,25	0,125	0,049244	1,92E-04	126,72	140	ok!	45	12884004	0,07538347	ok!
2,4	3,3	7,92	0,26	0,13	0,053262	2,25E-04	121,85	140	ok!	45	12884004	0,07248411	ok!
2,4	3,3	7,92	0,27	0,135	0,057438	2,62E-04	117,33	140	ok!	45	12884004	0,06979951	ok!
2,4	3,3	7,92	0,28	0,14	0,061771	3,03E-04	113,14	140	ok!	45	12884004	0,06730667	ok!
2,4	3,3	7,92	0,29	0,145	0,066262	3,48E-04	109,24	140	ok!	45	12884004	0,06498575	ok!
2,4	3,3	7,92	0,3	0,15	0,070911	3,99E-04	105,60	140	ok!	45	12884004	0,06281956	ok!

Fonte: Autoria própria

Tabela 49 – Esbeltez de seções circulares do trecho de pilar 1º Pav. - Cobertura

Esbeltez no trecho do pilar 1º Pav - Cobertura													
Seção circular													
k.E	L	L0	Diâmetro (m)	Raio (m)	Área (m²)	I (m <sup>4</sup> )	lâmbda	lâmbda máx	confere?	Esbeltez relativa			
										fc0k	E0,05 (Pa)	lambda relativo x e y	lambdas relativos < 0,3 ?
1,2	3,6	4,32	0,19	0,095	0,028443	6,42E-05	90,95	140	ok!	45	12884004	0,05410297	ok!
1,2	3,6	4,32	0,2	0,1	0,031516	7,88E-05	86,40	140	ok!	45	12884004	0,05139782	ok!
1,2	3,6	4,32	0,21	0,105	0,034746	9,58E-05	82,29	140	ok!	45	12884004	0,0489503	ok!
1,2	3,6	4,32	0,22	0,11	0,038134	1,15E-04	78,55	140	ok!	45	12884004	0,04672529	ok!
1,2	3,6	4,32	0,23	0,115	0,04168	1,38E-04	75,13	140	ok!	45	12884004	0,04469376	ok!
1,2	3,6	4,32	0,24	0,12	0,045383	1,63E-04	72,00	140	ok!	45	12884004	0,04283152	ok!
1,2	3,6	4,32	0,25	0,125	0,049244	1,92E-04	69,12	140	ok!	45	12884004	0,04111826	ok!
1,2	3,6	4,32	0,26	0,13	0,053262	2,25E-04	66,46	140	ok!	45	12884004	0,03953678	ok!
1,2	3,6	4,32	0,27	0,135	0,057438	2,62E-04	64,00	140	ok!	45	12884004	0,03807246	ok!
1,2	3,6	4,32	0,28	0,14	0,061771	3,03E-04	61,71	140	ok!	45	12884004	0,03671273	ok!
1,2	3,6	4,32	0,29	0,145	0,066262	3,48E-04	59,59	140	ok!	45	12884004	0,03544677	ok!
1,2	3,6	4,32	0,3	0,15	0,070911	3,99E-04	57,60	140	ok!	45	12884004	0,03426521	ok!

Fonte: Autoria própria.

Na tabela 50, foi analisado isoladamente o pilar P2, pois o mesmo é o único pilar que não atua nos dois pavimentos, fazendo com que as condições utilizadas até então não sejam aplicáveis. O pilar P2 nasce no 1º pavimento, fazendo com que o coeficiente  $k_E = 2,40$ . A tabela 51 confere qual é o seu diâmetro mínimo.

Tabela 50 – Esbeltez do Pilar P2

Esbeltez do Pilar P2													
Seção circular													
k.E	L	L0	Diâmetro (m)	Raio (m)	Área (m²)	I (m <sup>4</sup> )	lâmbda	lâmbda máx	confere?	Esbeltez relativa			
										fc0k	E0,05 (Pa)	lambda relativo x e y	lambdas relativos < 0,3 ?
2,4	3,6	8,64	0,19	0,095	0,028443	6,42E-05	181,89	140	NÃO !!	45	12884004	0,10820594	ok!
2,4	3,6	8,64	0,2	0,1	0,031516	7,88E-05	172,80	140	NÃO !!	45	12884004	0,10279564	ok!
2,4	3,6	8,64	0,21	0,105	0,034746	9,58E-05	164,57	140	NÃO !!	45	12884004	0,09790061	ok!
2,4	3,6	8,64	0,22	0,11	0,038134	1,15E-04	157,09	140	NÃO !!	45	12884004	0,09345058	ok!
2,4	3,6	8,64	0,23	0,115	0,04168	1,38E-04	150,26	140	NÃO !!	45	12884004	0,08938751	ok!
2,4	3,6	8,64	0,24	0,12	0,045383	1,63E-04	144,00	140	NÃO !!	45	12884004	0,08566303	ok!
2,4	3,6	8,64	0,25	0,125	0,049244	1,92E-04	138,24	140	ok!	45	12884004	0,08223651	ok!
2,4	3,6	8,64	0,26	0,13	0,053262	2,25E-04	132,92	140	ok!	45	12884004	0,07907357	ok!
2,4	3,6	8,64	0,27	0,135	0,057438	2,62E-04	128,00	140	ok!	45	12884004	0,07614492	ok!
2,4	3,6	8,64	0,28	0,14	0,061771	3,03E-04	123,43	140	ok!	45	12884004	0,07342546	ok!
2,4	3,6	8,64	0,29	0,145	0,066262	3,48E-04	119,17	140	ok!	45	12884004	0,07089355	ok!
2,4	3,6	8,64	0,3	0,15	0,070911	3,99E-04	115,20	140	ok!	45	12884004	0,06853043	ok!

Fonte: Autoria própria.

Para os pilares, pode ser notado que células referentes à dimensão de 25 cm estão destacadas. O motivo será que, para padronizar os pilares, foi escolhida a dimensão que atendem todos os quesitos. Pode ser visto que a esbeltez do pilar P2 é o quesito mais exigente, enquanto todos os outros pilares aceitariam um diâmetro menor, de 23 cm.

#### 4.6.9.5 Estabilidade Lateral das Vigas de Seção Retangular

As vigas sujeitas à flexão simples reta, além de respeitarem as condições de segurança expressas no quesito flexão simples reta, devem ter sua estabilidade lateral verificada por teoria cuja validade tenha sido comprovada experimentalmente.

Essa verificação pode ser dispensada nos casos de vigas de seção transversal retangular de largura  $b$  e altura  $h$  medida no plano de atuação do carregamento, desde que atendam aos requisitos a seguir:

- a) as rotações nas seções extremas (apoios da viga) estão impedidas; e
- b) o comprimento  $L_1$ , definido como a distância entre pontos adjacentes da borda comprimida com deslocamentos laterais impedidos (apoios da viga e pontos com travamento lateral, se existentes), atende à seguinte condição:

$$\frac{L_1}{b} \leq \frac{E_{0,ef}}{\beta_M \cdot f_{m,d}} \quad (51)$$

Sendo que  $\beta_M$  pode ser obtido pela tabela abaixo:

Tabela 51 – Coeficiente de correção  $\beta_M$  para  $\gamma_f = 1,4$  e  $\beta_E = 4$ .

**Tabela 8 – Coeficiente de correção  $\beta_M$  para  $\gamma_f = 1,4$  e  $\beta_E = 4$**

h/b	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\beta_M$	6	8,8	12,3	15,9	19,5	23,1	26,7	30,3	34	37,6	41,2	44,8	48,5	52,1	55,8	59,4	63	66,7	70,3	74

Fonte: ABNT NBR 7190:2022.

#### 4.6.9.6 Estabilidade de Peças Compostas

Aqui há uma simplificação que não existia na norma brasileira: “A estabilidade das peças compostas por elementos justapostos solidarizados continuamente pode ser verificada como se elas fossem maciças, atendendo os quesitos de peças compostas” (ABNT NBR 7190:2022, p.31) e limitando a esbeltez a 140. Destacando que o item ‘6.7 – Peças compostas’ da norma mencionado chama para outros três itens, porém são itens que não se relacionam com o projeto, pois se referem à: Peças compostas de seção T, I ou caixão, ligadas por pregos, peças compostas com alma em treliça e peças formadas por lamelas de madeira colada, respectivamente.

#### 4.6.10 Dimensionamento - ELU para barras

##### 4.6.10.1 Distribuição de Forças

A técnica construtiva das lajes é a laje nervurada com uma placa de concreto simplesmente apoiada em nervuras em madeira. A distribuição das cargas que atuam na laje faz, em teoria, fazem um “percurso”. Das lajes, que recebem as cargas variáveis e permanentes, vão para as nervuras. Das nervuras, vão para as vigas, das vigas para os pilares e por último, dos pilares para a fundação. A fundação não será abordada nesse estudo.

As nervuras não são concretadas, mas são peças de madeira, de diferentes comprimentos e larguras que transferem suas cargas de uma para outra, até sim a

carga ser transferida para as vigas, e a partir daí, ter sua sequência mais tradicional de transferência de cargas.

O motivo dessa explicação se deve pois esse foi o raciocínio para o dimensionamento inicial do projeto. Ou seja, como pode ser visto nas figuras 51 e 52, as nervuras das lajes foram divididas em classes, que como os nomes sugerem, possuem uma ordem de importância, que é inversa à trajetória das cargas.

Os nomes são:

1. Cobertura – Vigas Primárias Bordas
2. Cobertura – Vigas Primárias Internas
3. Cobertura – Vigas Secundárias
4. Cobertura – Vigas Terciárias
5. 1º Pav – Vigas Primárias Bordas
6. 1º Pav – Vigas Primárias Internas
7. 1º Pav – Vigas Secundárias
  - a. 1º Pav – As Vigas Secundárias possuem variações
8. 1º Pav – Vigas Terciárias
9. Varanda – Vigas Primárias Bordas
10. Varanda – Vigas Secundárias
11. Varanda – Vigas Terciárias

Em outras palavras, o dimensionamento deve começar da primeira peça que se apoia em outra. Depois para a segunda peça que se apoia na terceira, e assim por diante até descarregar as cargas nos pilares.

Essa etapa é com certeza a mais demorada, pois como foi mencionado no início desse estudo, o programa que foi utilizado na confecção do dimensionamento foi o *Ftool*, e o mesmo é limitado a análises bidirecionais.

Agora serão mostradas, por meio de figuras, cada conjunto de peça. Cada figura será composta por um mosaico de 6 imagens. Respectivamente, as cinco primeiras retiradas do software *Ftool* serão: a estrutura com suas condições de apoio e cargas, o diagrama de esforços normais (DEN), o diagrama de esforços cortantes (DEC), o diagrama de Momentos Fletores (DEM) e o diagrama de Deformações. A sexta imagem será um recorte do software *SketchUp*, destacando a estrutura em questão.

Uma observação importante é que, por motivos de não extrapolar um tamanho razoável para esse documento, as ditas imagens-resumo e seus respectivos comentários serão direcionadas para o Apêndice B, localizadas no final deste documento.

O Objetivo dessa etapa é a de se obter os esforços necessários via *Ftool*, das peças isoladas e dos pórticos para depois, com os valores obtidos, fazer as conferências com as fórmulas da ABNT NBR 7190. As conferências serão feitas por meio de planilhas e assim como os diagramas de esforços, só serão disponibilizadas no documento principal algumas tabelas, com intuito de explicar ao leitor como fazer suas leituras. Os conjuntos de planilha completos serão disponibilizadas no Apêndice F.

Nas etapas de conferência finais do projeto, foi notado um equívoco. No ELU\*, as cargas distribuídas em linhas, vulgo paredes e fiadas de blocos na cobertura, não foram majoradas.

#### 4.6.10.2 Análises das Vigas e Pórticos no *Ftool* – Análise 02 na combinação ELU\*

Como mencionado anteriormente, essas análises são compostas por múltiplas verificações e por tal motivo, foram direcionadas para o Apêndice F. Nesse capítulo, são mostrados apenas quatro exemplos das mais de trinta análises necessárias, para explicar como deve ser feita a leitura de cada umas dessas análises.

##### 4.6.10.2.1 Análise das vigas terciárias da cobertura na combinação ELU\*

A figura 57 mostra os carregamentos de cada tipo de viga terciária presente na cobertura. Essa variação ocorre devido às diferentes cargas atuantes nas diferentes vigas terciárias. Devida à essas pequenas variações, serão calculadas no *Ftool* diferentes Diagramas de Esforços Normais (DEN), Cortantes (DEC), diferentes Diagramas de Momentos Fletores (DMF) e diferentes diagramas de Deformações.

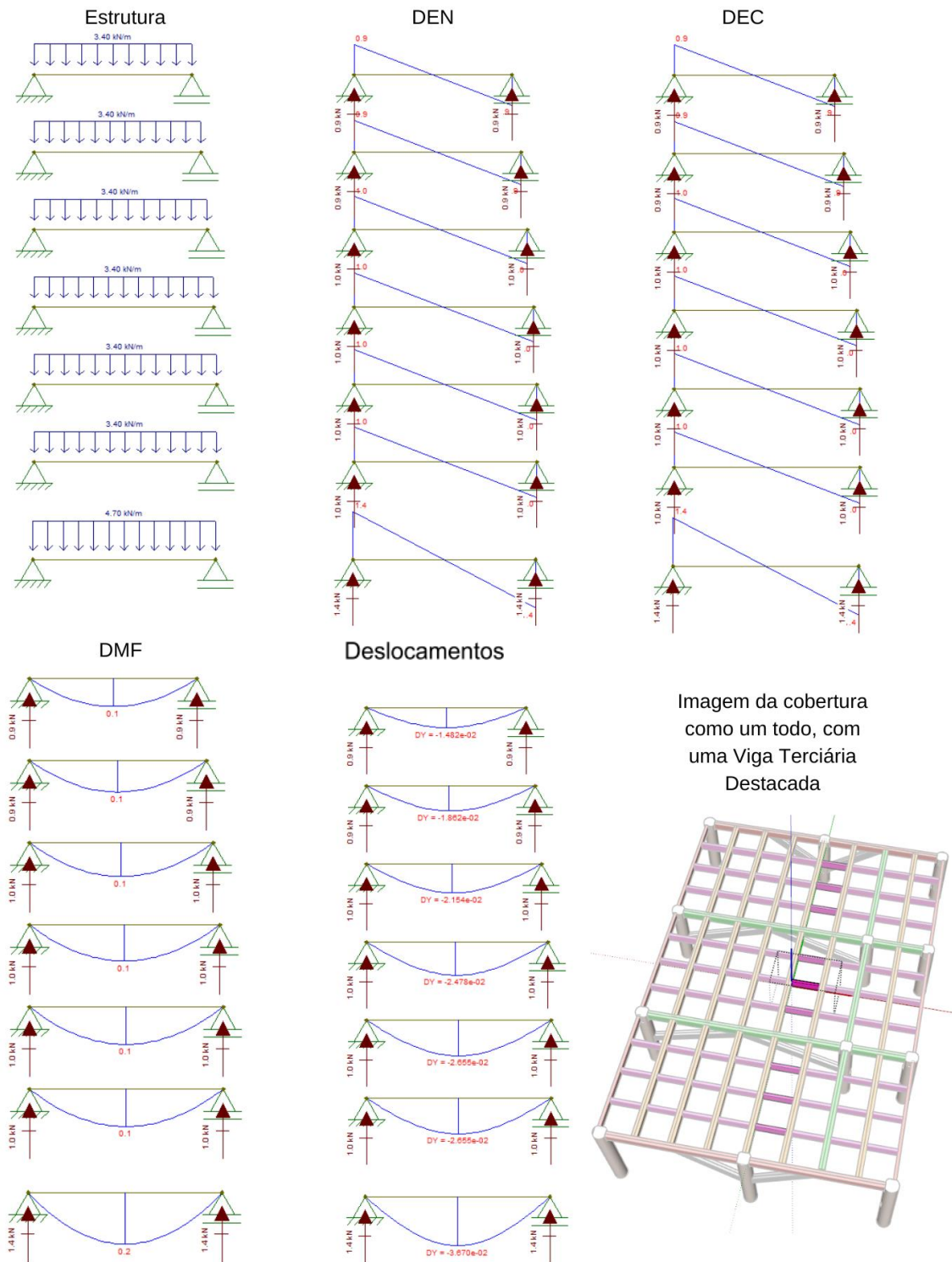
Os resultados são computados individualmente, não necessariamente de todos. Isso significa que em resultados similares, somente os mais requisitados serão usados como forma de verificação. Essa verificação é feita na próxima etapa, quando toda a estrutura tiver sido analisada, feita por meio de planilhas e expostas no

Apêndice C. Aqui nesse documento, algumas planilhas são apresentadas como forma de inserir algum comentário ou algo com o intuito de ajudar a compreensão do leitor.

Abaixo então, a imagem é um mosaico com as informações principais da análise. Tal mosaico sempre terá 6 (seis) informações: a estrutura com o carregamento, o DEN, o DEC, o DMF, os deslocamentos e uma imagem representativa da laje como um todo, sendo que a estrutura avaliada estará destacada.



Figura 57 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias da cobertura



Fonte: Autoria Própria

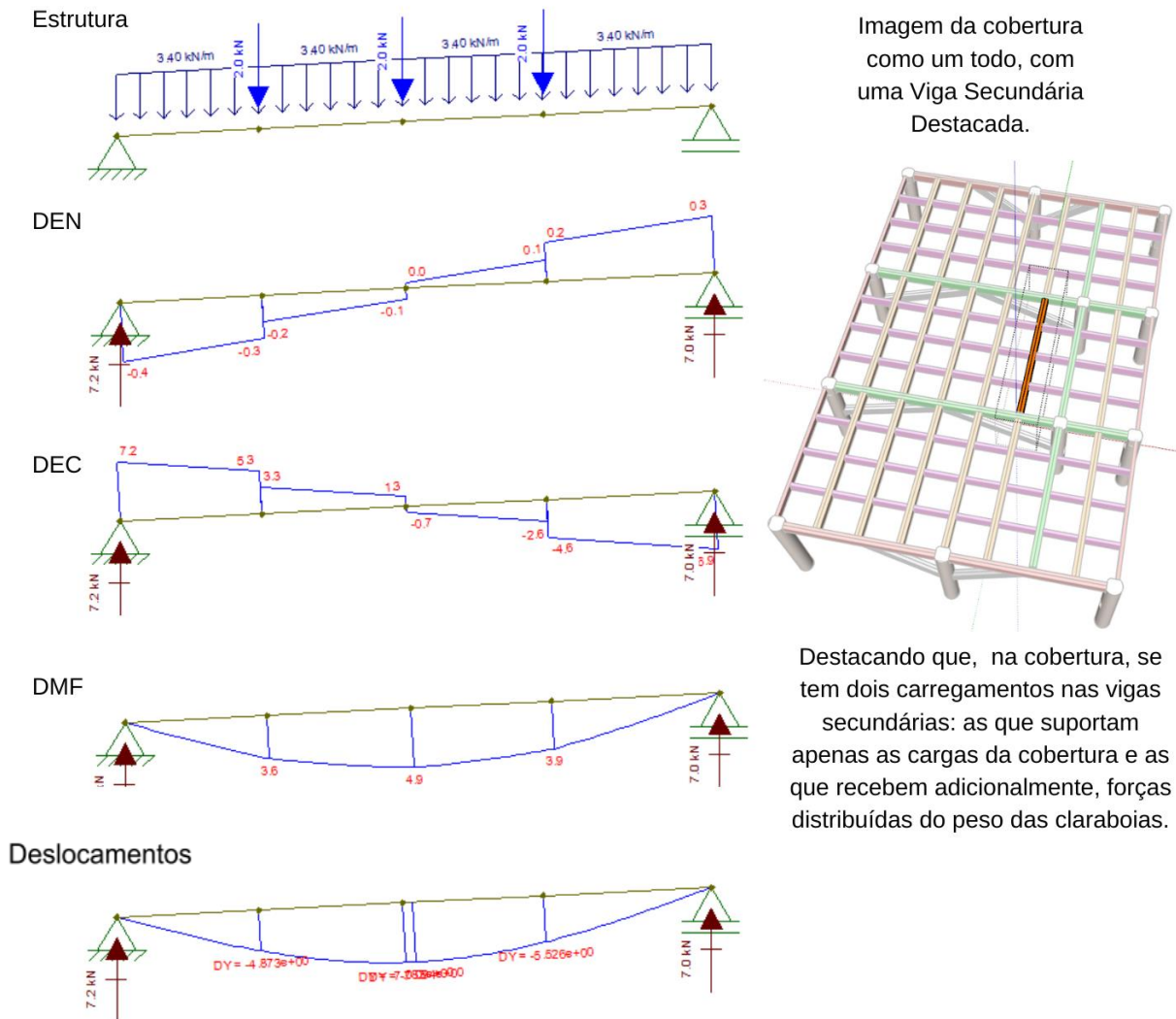
Como dito anteriormente, essas análises são feitas em sequência. Ou seja, as reações de apoio das vigas terciárias viram forças concentradas nas vigas em que se apoiam. Pode ser visto que, todas, exceto a última, possui como reação de apoio uma força de 1,0 kN. Então essa força de 1,0 kN atua como uma força concentrada nas vigas secundárias, porém possuem seus valores dobrados nas vigas secundárias. Isso acontece por que sempre existem duas vigas terciárias apoiadas no mesmo ponto em cada viga secundária. A última viga terciária, que possui um carregamento maior, possui uma carga extra da claraboia. Essa carga extra também é considerada na análise da viga secundária, logo as vigas secundárias possuem duas análises.

#### 4.6.10.2.2 Análise das Vigas Secundárias da Cobertura na Combinação ELU\*

A viga a ser exposta agora é a viga secundária que não possui a carga extra da claraboia. Então, o carregamento distribuído é o mesmo da análise anterior, porém com as cargas concentradas mencionadas anteriormente.

Esse é o raciocínio por toda esse trecho do estudo. Como dito anteriormente, essas análises foram direcionadas ao Apêndice C por motivos de encurtamento do documento desse estudo.

Figura 58 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias da cobertura



Fonte: Autoria Própria

#### 4.6.10.2.3 Análise Estrutural do Pórtico P4 P5 P6, considerando o Vento Leste na Combinação ELU\*

Uma vez que todas as vigas isoladas são analisadas, tanto da cobertura quanto do segundo pavimento, se parte para as análises dos pórticos. Se optou de, nos pórticos, analisar primeiro os mesmos contidos na direção leste-oeste, para depois analisar os pórticos na direção norte-sul. Deve-se lembrar que as análises dos pórticos deverão considerar o vento nas duas possibilidades, nesse caso o vento

poderia vir tanto no sentido leste como oeste. Agora, por se tratar de uma estrutura maior, as mesmas informações apresentadas até agora são divididas em duas figuras.

Figura 59 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste (1/2)

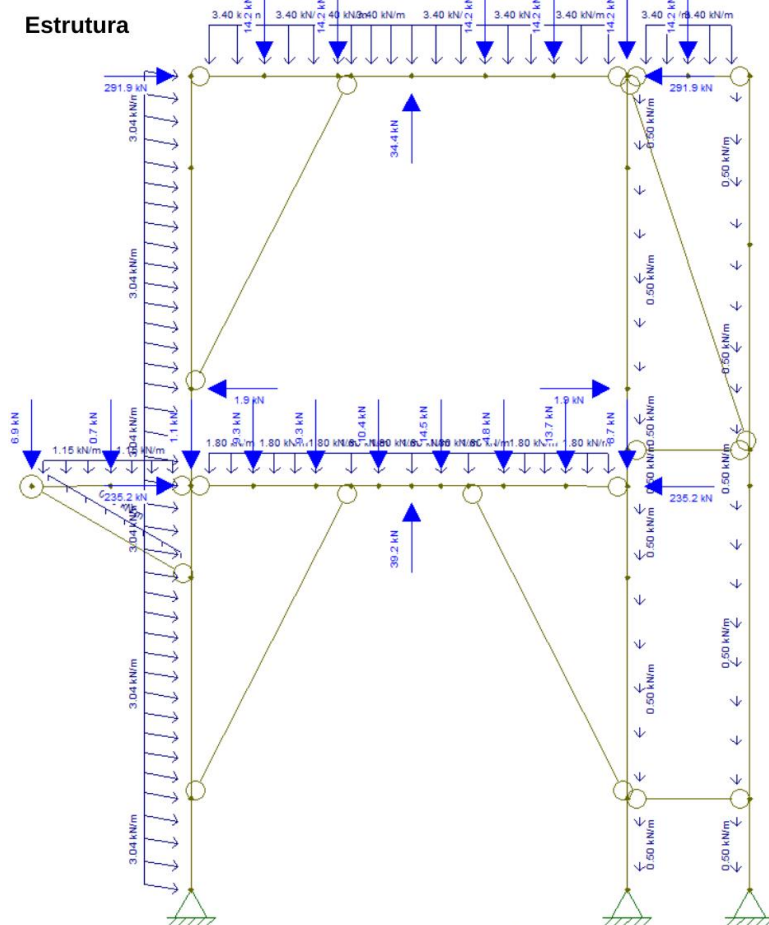
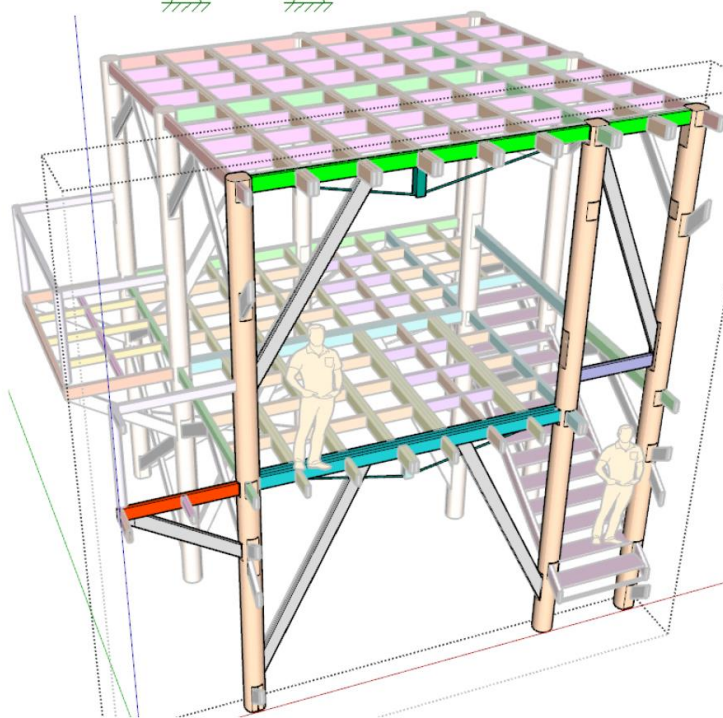
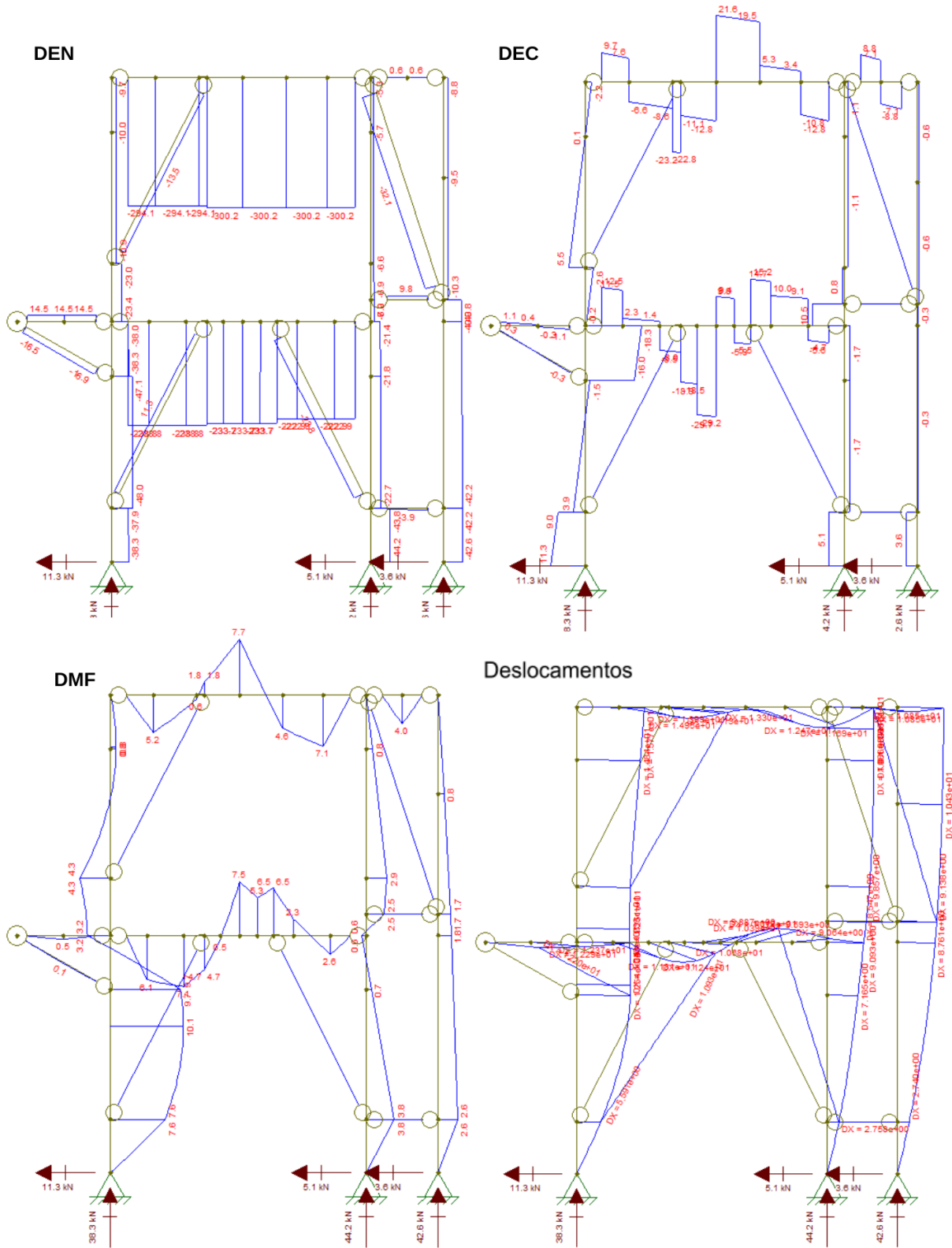


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 60 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste (2/2)



Fonte: Autoria Própria

#### 4.6.10.2.4 Análise estrutural do Pórtico da Fachada Leste, considerando o Vento Norte na Combinação ELU\*.

Essa é a última grande etapa para se obter os dados necessários para se começar a análise. Feita após os pórticos contidos na direção leste-oeste, as duas fachadas restantes, leste e oeste, são analisadas considerando ambos os sentidos possíveis do vento, assim como nos pórticos com ângulo perpendicular ao atual.

Figura 61 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento norte (1/2)

Estrutura

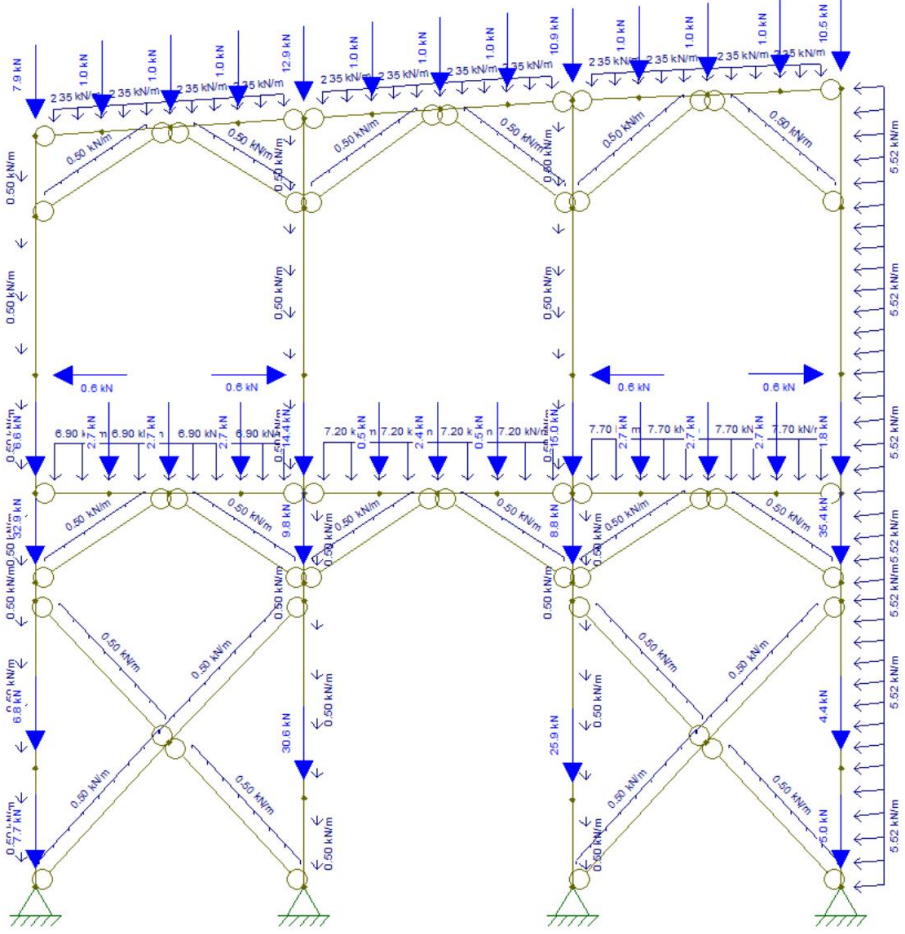
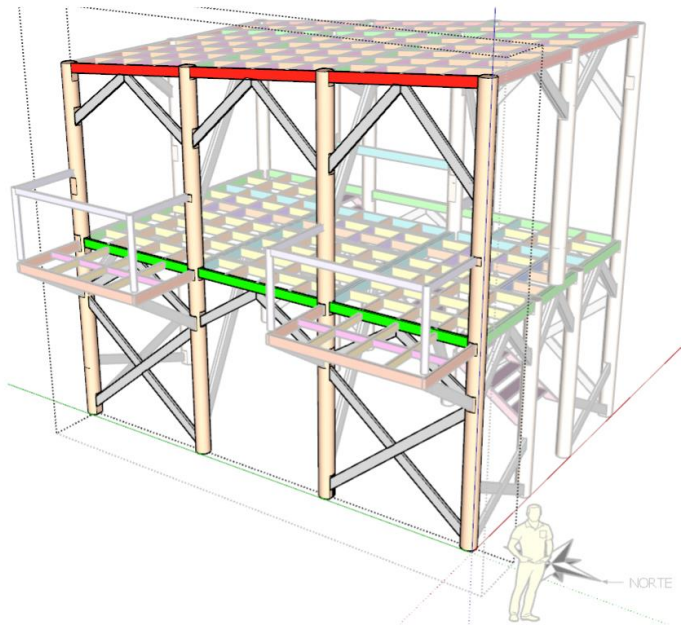


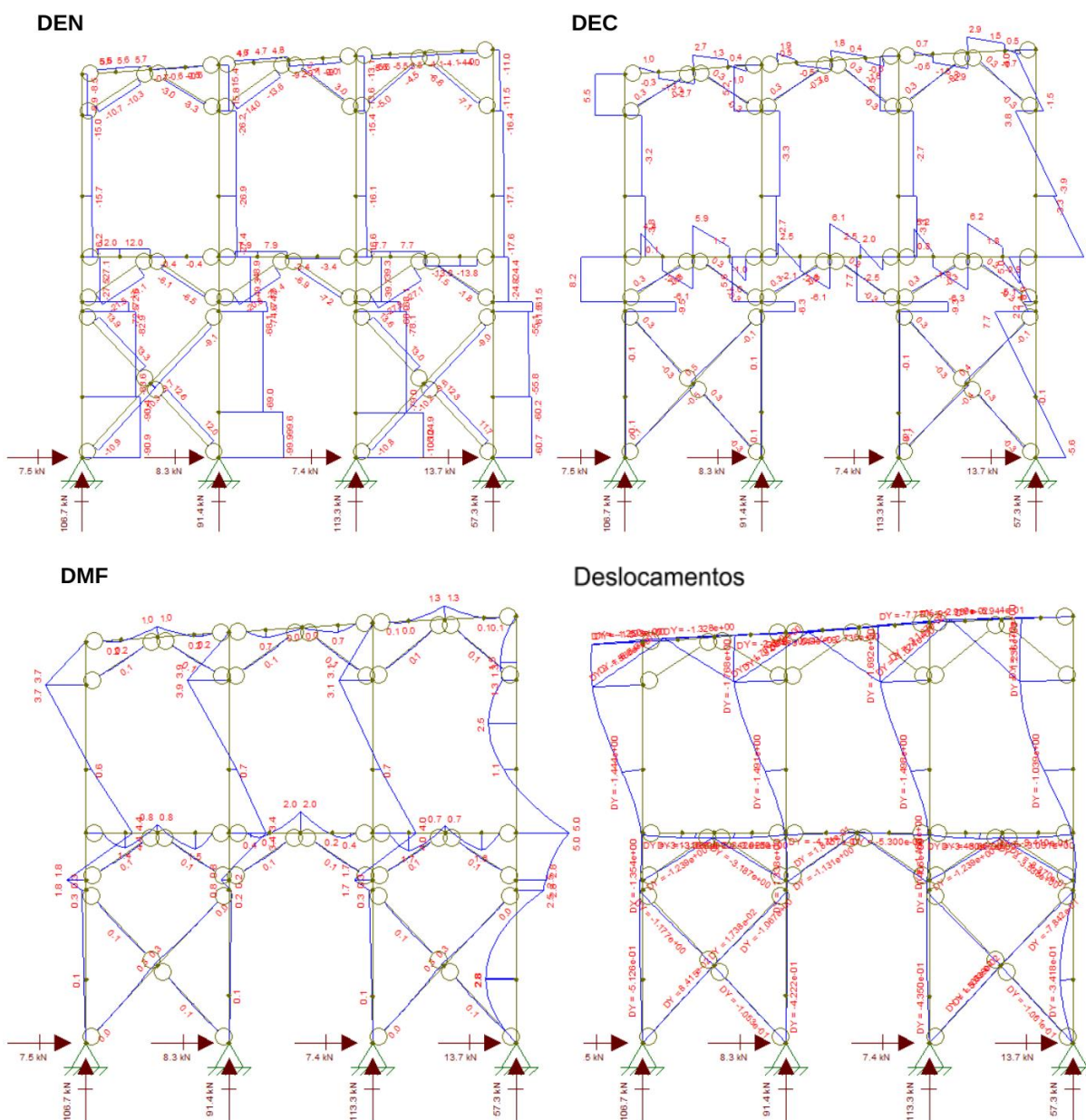
Imagem da edificação inteira, com um destaque a fachada analisada



Fonte: Autoria Própria



Figura 62 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento norte (2/2)



Fonte: Autoria Própria

#### 4.6.10.3 Verificação dos Esforços no Arranjo Estrutural 02 na Combinação ELU\*

As verificações aqui não são mais analisadas individualmente ou por conjunto de peças, mas na verdade verificadas por tipos de esforço interno. Os esforços calculados foram os mencionados no tópico 4.6. Nesse tópico, só são apresentados

alguns, pelo mesmo motivo de antes, a fim de encurtar esse documento que já está consideravelmente extenso.

As verificações completas estarão disponibilizadas no Apêndice G. Seguem algumas verificações mais relevantes ao entendimento do dimensionamento.

Antes de prosseguir, vale lembrar como é feito essa etapa. Uma vez que todas as estruturas são analisadas no *software Ftool*, o autor verifica as estruturas individualmente, anotando os esforços máximos de cada uma. Em seguida, esses valores são introduzidos numa planilha com todos os elementos e também com todos os quesitos exigidos por norma.

Rodando a planilha e se verificando a exigência mínima, na última coluna de cada quesito, terá indicado se houve falha, sucesso com relativa folga, ou sucesso com uma folga menor que 20% da capacidade máxima. Essas três classificações criadas pelo autor servem para apenas compreender melhor o comportamento da estrutura. As classificações são visíveis tanto por escrita, mas também pelas cores das células, vermelho representado falha, verde representando sucesso com folga e amarelo representando sucesso com uma folga menor que 20% da capacidade máxima.

4.6.10.3.1 Planilha – Cobertura – Compressão Perpendicular às Fibras - Flexão Simples Reta

Tabela 52 – Compressão Perpendicular às Fibras e Flexão Simples Reta

Cobertura		Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Compressão Perpendicular às Fibras					Flexão Simples Reta					
									Tensão (Mpa)	alfa N	fcod	Valor Máximo "0,25.alfaN.fc0d"	Confere? Tensão < Máx?	Momento Inércia I (m <sup>4</sup> )	yc=yf (h/2)	Mód de Resistência W	Tensão (MPa)	fm_d = fcod	Confere? Tensão < Máx?
Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	0,458	1	15,2	3,8	ok!	4,22E-05	0,075	5,63E-04	9,07	15,2	ok!
		Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	0,391	1	15,2	3,8	ok!	4,22E-05	0,075	5,63E-04	8,89	15,2	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	0,640	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	9,60	15,2	ok!
		Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	0,667	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	11,20	15,2	ok!
		Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	0,387	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,93	15,2	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	0,293	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	3,73	15,2	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	0,360	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	5,33	15,2	ok!
		Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	0,387	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,93	15,2	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	0,267	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	4,27	15,2	ok!
	Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	0,387	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,40	15,2	ok!	
	Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	0,307	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	7,73	15,2	ok!
		2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	0,120	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	3,20	15,2	ok!
		3	2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	0,476	1	15,2	3,8	ok!	4,22E-05	0,075	5,63E-04	10,84	15,2	ok!
		P4 P5 P6	3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	0,787	1	15,2	3,8	ok!	1,00E-04	0,1	1,00E-03	8,10	15,2	ok!
		P7 P8 P9	3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	0,717	1	15,2	3,8	ok!	1,00E-04	0,1	1,00E-03	8,50	15,2	ok!
		P4 P5 P6	0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	0,587	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	10,67	15,2	ok!
	Secundárias	sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	0,613	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	10,93	15,2	ok!
		recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	0,480	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	13,07	15,2	ok!
Terciárias	1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
	2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
	3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
	4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
	sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
	com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	0,187	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	1,07	15,2	ok!	
Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
	P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
	P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,53	15,2	ok!	
	P7 P8 P9 direita 01	1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
	P7 P8 P9 direita 02	1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	2,93	15,2	ok!	
	Fachada Norte	0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
	Fachada Sul	0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
	Fachada Leste	1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
	Fachada Oeste	1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	

Todas as células em amarelo claro, como as três que aparecem na última coluna se referem que, apesar do quesito ser atendido, o valor final está com uma diferença do máximo em uma taxa menor de 20%.

4.6.10.3.2 Planilha – Cobertura – Flexotração

Tabela 53 - Flexotração

		Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexotração										
									Tensão Mxd	Tensão Myd	Tensão Tração (MPa)	km (seção retang)	km (seções diversas)	fm, d = fcod	n0d	$\frac{\sigma_{M0,d}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{td}} + k_M \frac{\sigma_{My,d}}{f_{td}} \leq 1$	$\frac{\sigma_{M0,d}}{f_{td}} + k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{td}} \leq 1$	Confere? Tensão < 1?	
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	9,1	0,000	1,116	0,7	1	15,2	15,2	0,670	0,491	ok!
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	8,9	0,000	1,147	0,7	1	15,2	15,2	0,660	0,485	ok!
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	9,6	0,000	1,267	0,7	1	15,2	15,2	0,715	0,525	ok!
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	11,2	0,000	1,333	0,7	1	15,2	15,2	0,825	0,604	ok!
			Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	6,9	0,000	0,387	0,7	1	15,2	15,2	0,482	0,345	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	3,7	0,000	0,640	0,7	1	15,2	15,2	0,288	0,214	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	5,3	0,000	0,760	0,7	1	15,2	15,2	0,401	0,296	ok!	
		Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	6,9	0,000	0,333	0,7	1	15,2	15,2	0,478	0,341	ok!	
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	4,3	0,000	0,533	0,7	1	15,2	15,2	0,316	0,232	ok!	
		Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	6,4	0,000	0,653	0,7	1	15,2	15,2	0,464	0,338	ok!	
		Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	7,7	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,509	0,356	ok!
			2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	3,2	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,211	0,147	ok!
	3		2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	10,8	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,713	0,499	ok!	
	P4 P5 P6		3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	8,1	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,533	0,373	ok!	
	P7 P8 P9		3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	8,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,559	0,391	ok!	
	P4 P5 P6		0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	10,7	0,000	0,007	0,7	1	15,2	15,2	0,702	0,492	ok!	
	Secundárias	P7 P8 P9	0,94	2,1	3,1	9,2	4,1	1,157	10,9	0,000	0,207	0,7	1	15,2	15,2	0,733	0,517	ok!	
		sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	13,1	0,000	0,020	0,7	1	15,2	15,2	0,861	0,603	ok!	
	Terciárias	recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	14,9	0,000	0,027	0,7	1	15,2	15,2	0,984	0,689	ok!	
		1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!	
		2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!	
		3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,5	1,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,081	0,090	ok!	
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,5	2,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,127	0,156	ok!	
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,5	3,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,173	0,222	ok!	
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	1,1	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,070	0,049	ok!	
		Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,018	0,012	ok!
	P4 P5 P6 esquerda		2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	1,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,064	0,078	ok!	
	P7 P8 P9 esquerda		2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	0,5	2,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,127	0,156	ok!	
	P7 P8 P9 direita 01		1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	0,3	3,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,156	0,210	ok!	
	P7 P8 P9 direita 02		1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	2,9	4,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,377	0,398	ok!	
	Fachada Norte		0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,018	0,012	ok!	
	Fachada Sul		0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	1,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,064	0,078	ok!	
	Fachada Leste		1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	0,3	2,000	0,200	0,7	1	15,2	15,2	0,123	0,157	ok!	
Fachada Oeste	1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,333	0,7	1	15,2	15,2	0,039	0,034	ok!			

Fonte: Autoria Própria

Não ocorrem valores superiores ao valor que a norma limita, porém existem valores próximos, mais especificamente, com menos de 20% do valor máximo estipulado pela norma. Tais valores podem ser identificados pela célula escrita 'ok!', porém em coloração amarelada. Esse valor de 20% foi estipulado pelo autor, como uma forma de controle e entendimento do funcionamento geral da estrutura.

As duas últimas planilhas são duas das dezessete elaboradas no intuito de verificar sucesso no dimensionamento na combinação ELU. Todas obtiveram sucesso. Para mais detalhes, verificar o Apêndice G.

#### 4.6.10.4 Verificação dos Esforços dos Pilares no Arranjo Estrutural 02 na Combinação ELU\*

O mesmo processo do capítulo anterior será repetido, porém agora para os pilares. Em relação à quesitos exigidos por norma, os mesmos são além da esbeltez relativa, apenas:

- Compressão Perpendicular às Fibras
- Flexocompressão

Essa etapa, por ser relativamente curta, permanecerá nesse documento. Seguem as análises.

##### 4.6.10.4.1 Planilha – Pilares - Dados

Tabela 54 – Cargas nos Pilares

Pilares	Comprimento (m)	Normal Máx (kN)	Momento Máximo (Análise pelas Fachadas na direção Leste-Oeste) (kNm)	Momento Máximo (Análise pelas Fachadas na direção Norte-Sul) (kNm)	Dados		
					Diâmetro (m)	Raio (m)	A (m²)
P1	6,9	100,4	5,6	5,0	0,25	0,125	0,049087
P2	3,6	44,7	7,4	5,0	0,25	0,125	0,049087
P3	6,9	75,1	6,7	4,9	0,25	0,125	0,049087
P4	6,7	113,3	10,1	4,0	0,25	0,125	0,049087
P5	6,7	67,8	5,0	5,0	0,25	0,125	0,049087
P6	6,7	81,1	5,0	3,7	0,25	0,125	0,049087
P7	6,5	119,3	8,6	4,0	0,25	0,125	0,049087
P8	6,5	72,2	6,3	5,0	0,25	0,125	0,049087
P9	6,5	63,2	4,2	4,0	0,25	0,125	0,049087
P10	6,3	106,7	6,3	4,4	0,25	0,125	0,049087
P11	6,3	94,7	7,7	5,0	0,25	0,125	0,049087
P12	6,3	62,7	3,8	4,4	0,25	0,125	0,049087
P13	3,3	61,2	4,3	5,0	0,25	0,125	0,049087
P14	3,3	89,4	3,0	5,0	0,25	0,125	0,049087

Fonte: Autoria Própria

Os dados nas células com um tom de cinza mais escuro são artificiais. Isso acontece por que alguns pilares não estão contidos em dois pórticos, para serem analisados nas duas direções. Para sanar o problema, foi inserido o maior valor de

momento fletor contido na mesma direção. Essa foi uma consideração para preencher a lacuna devido à disposição estrutural da edificação.

O que deve ser notado então, é que o diâmetro equivalente dos pilares a ser utilizado no projeto deve ser de 25 cm. Ou seja, no ato de se adquirir as toras de madeira, deve haver uma conferência das peças para certificar que esse quesito está sendo atendido.

#### 4.6.10.4.2 Planilha – Pilares – Compressão Paralela às Fibras

Tabela 55 – Compressão Paralela às Fibras nos Pilares

Pilares	Comprimento (m)	Normal Máx (kN)	Momento Máximo (Análise pelas Fachadas na direção Leste-Oeste) (kNm)	Momento Máximo (Análise pelas Fachadas na direção Norte-Sul) (kNm)	Compressão Paralela às Fibras		
					Tensão (Mpa)	Valor Máximo $f_{c0d}=f_{tod}$	Confere? Tensão < Máx?
P1	6,9	100,4	5,6	5,0	2,045	15,2	ok!
P2	3,6	44,7	7,4	5,0	0,911	15,2	ok!
P3	6,9	75,1	6,7	4,9	1,530	15,2	ok!
P4	6,7	113,3	10,1	4,0	2,308	15,2	ok!
P5	6,7	67,8	5,0	5,0	1,381	15,2	ok!
P6	6,7	81,1	5,0	3,7	1,652	15,2	ok!
P7	6,5	119,3	8,6	4,0	2,430	15,2	ok!
P8	6,5	72,2	6,3	5,0	1,471	15,2	ok!
P9	6,5	63,2	4,2	4,0	1,287	15,2	ok!
P10	6,3	106,7	6,3	4,4	2,174	15,2	ok!
P11	6,3	94,7	7,7	5,0	1,929	15,2	ok!
P12	6,3	62,7	3,8	4,4	1,277	15,2	ok!
P13	3,3	61,2	4,3	5,0	1,247	15,2	ok!
P14	3,3	89,4	3,0	5,0	1,821	15,2	ok!

Fonte: Autoria Própria

A compressão paralela às fibras é um quesito que é atendido com bastante folga. Não há problemas em relação à essa exigência.

4.6.10.4.3 Planilha – Pilares – Flexocompressão

Tabela 56 – Flexocompressão nos pilares

Pilares	Comprimento (m)	Normal Máx (kN)	Momento Máximo (Análise pelas Fachadas na direção Leste-Oeste) (kNm)	Momento Máximo (Análise pelas Fachadas na direção Norte -Sul) (kNm)
P1	6,9	100,4	5,6	5,0
P2	3,6	44,7	7,4	5,0
P3	6,9	75,1	6,7	4,9
P4	6,7	113,3	10,1	4,0
P5	6,7	67,8	5,0	5,0
P6	6,7	81,1	5,0	3,7
P7	6,5	119,3	8,6	4,0
P8	6,5	72,2	6,3	5,0
P9	6,5	63,2	4,2	4,0
P10	6,3	106,7	6,3	4,4
P11	6,3	94,7	7,7	5,0
P12	6,3	62,7	3,8	4,4
P13	3,3	61,2	4,3	5,0
P14	3,3	89,4	3,0	5,0

Flexocompressão											
Momento de Inércia (m <sup>4</sup> )	yc = d/2 (m)	Mód. De Resistência (m <sup>2</sup> )	Tensão Mxd	Tensão Myd	Tensão Nc0d	km (seção retang)	km (seções diversas)	fm,d = fcod	$\left(\frac{\sigma_{Mxd}}{f_{td}}\right)^2 + \frac{\sigma_{Myd}}{f_{td}} + k_{\sigma} \frac{\sigma_{Myd}}{f_{td}} \leq 1$	$\left(\frac{\sigma_{Nc0d}}{f_{td}}\right)^2 + k_{\sigma} \frac{\sigma_{Nc0d}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{Myd}}{f_{td}} \leq 1$	Confere? Tensão < 1?
1,92E-04	0,125	1,53E-03	3,651	3,259	2,045	0,7	1	15,2	0,473	0,473	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	4,824	3,259	0,911	0,7	1	15,2	0,535	0,535	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	4,368	3,194	1,530	0,7	1	15,2	0,508	0,508	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	6,584	2,608	2,308	0,7	1	15,2	0,628	0,628	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	3,259	3,259	1,381	0,7	1	15,2	0,437	0,437	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	3,259	2,412	1,652	0,7	1	15,2	0,385	0,385	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	5,606	2,608	2,430	0,7	1	15,2	0,566	0,566	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	4,107	3,259	1,471	0,7	1	15,2	0,494	0,494	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	2,738	2,608	1,287	0,7	1	15,2	0,359	0,359	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	4,107	2,868	2,174	0,7	1	15,2	0,479	0,479	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	5,020	3,259	1,929	0,7	1	15,2	0,561	0,561	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	2,477	2,868	1,277	0,7	1	15,2	0,359	0,359	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	2,803	3,259	1,247	0,7	1	15,2	0,406	0,406	ok!
1,92E-04	0,125	1,53E-03	1,956	3,259	1,821	0,7	1	15,2	0,357	0,357	ok!

Fonte: Autoria própria.





Devido às folgas de 36 até 67%, um argumento então pode ser feito de que os pilares estão super dimensionados, e isso vai contra a eficiência dos materiais utilizados em projetos estruturais. Esse argumento é válido e diminuindo os valores do diâmetro dos pilares de forma unitária e decrescente, se chega que um diâmetro de 21 cm, seria o primeiro valor que a tabela 56 apresentaria uma falha no quesito flexocompressão, mais especificamente no pilar P4, enquanto nos pilares P2, P7 P11 apresentariam uma folga menor que 10% do valor máximo e os pilares P1, P3, P8 e P10 apresentariam o mesmo tipo folga, porém com uma janela de 20% menor que a capacidade máxima.

Deve ser lembrado que o quesito esbeltez traz como valor mínimo para os pilares, se dimensionados para todos os pilares possuírem mesmos diâmetros, 23 cm.

Foi utilizado 25 cm para todos os pilares a fim de uniformizar todos os pilares e também por outro motivo. Será visto adiante que as ligações entre as diferentes estruturas exigem entalhes nos pilares. Em alguns desses entalhes, é necessário haver uma superfície plana de 15 cm de lado. Para isso ser possível, é necessário que o mesmo entalhe tenha uma profundidade de 3,57 cm. Esse é o motivo de se propositalmente escolher um pilar levemente maior que o necessário, para que no momento de se fabricar os entalhes, não diminuir de maneira demasiada a área da seção transversal do local.

Como foi mencionado, para as quatro vigas mais desafiadores desse projeto, que são as com comprimento de 3,56m de comprimento, presentes no pórtico P4 P5 P6 e P7 P8 P9, foi necessário inserir uma técnica construtiva pouco aplicada para estruturas de madeira, a viga vagonada.

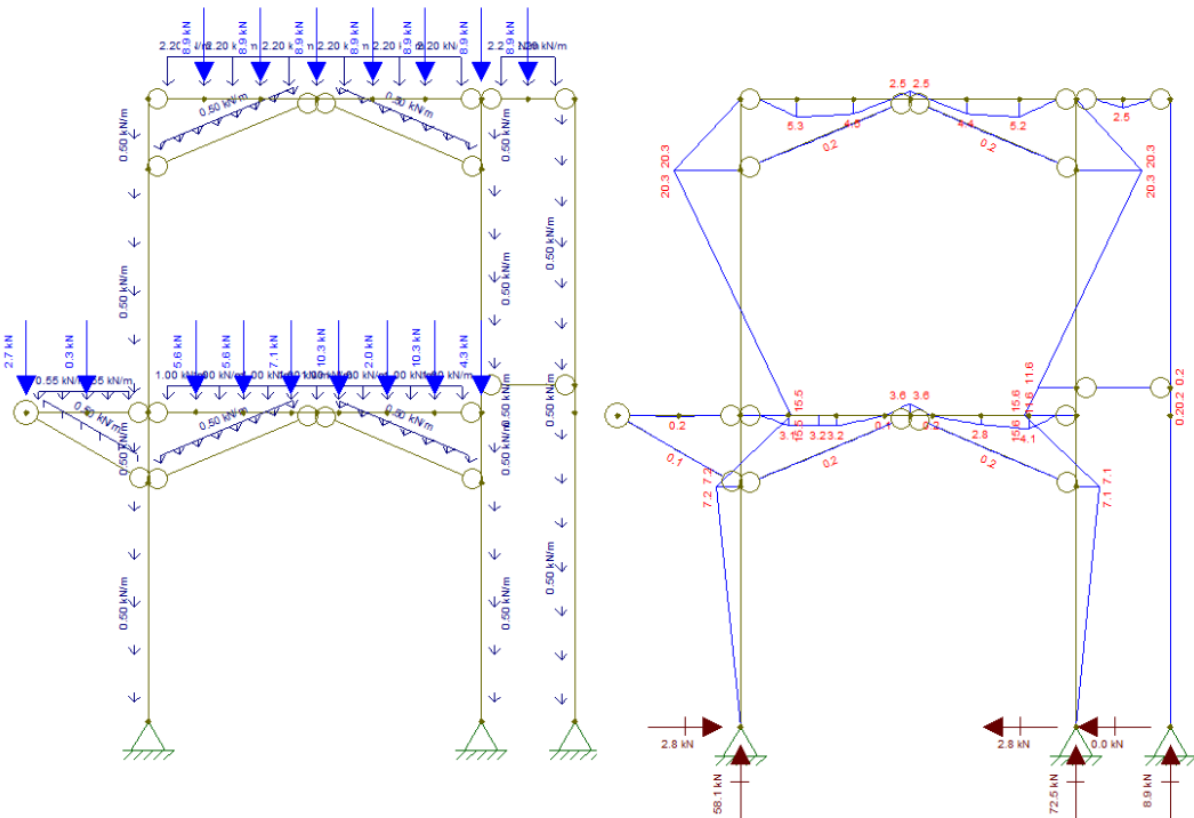
Essa inserção tinha como objetivo diminuir o momento fletor aplicada nos pilares, e assim o fez. Porém, ao ser necessário fazer o ajuste de altura das ditas vigas para que os quesitos dessa última análise fossem atendidos, ficou o questionamento de: por que não abdicar da viga vagonada e somente aumentar a altura da viga? Ou seja, a intenção que liderou a implementação da viga vagonada foi a de diminuir o momento nas vigas principais, porém uma outra alternativa, alguns podem dizer mais fácil é a de não tentar diminuir o momento, mas sim aumentar o momento de inércia das vigas, por que assim fazendo, a mesma suporta momentos maiores. Essa opção só surgiu nesse último levantamento, quando o autor precisou fazê-lo para atendimento dos quesitos flexão simples e flexocompressão.

#### 4.6.10.4.4 Alteração do arranjo estrutural

A estrutura analisada anteriormente foi a segunda estrutura desenvolvida no projeto. Inicialmente, o arranjo estrutural não possuía contraventamentos, nem vigas vagonadas e menos elementos de mãos francesas.

Seguem agora imagens que mostram como as alterações trouxeram maior qualidade à estrutura. As análises estruturais a seguir foram consideradas com cargas inferiores às atuantes na combinação ELU\*, porém já foi conferido que as alterações que serão apresentadas agora trouxeram êxito à estrutura.

Figura 63 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 do arranjo estrutural 01



Fonte: Autoria Própria

Momentos fletores com valores muito altos não confere segurança ao pilar. Basta analisar a equação do quesito flexocompressão:

$$\left(\frac{\sigma_{N_{c0,d}}}{f_{c0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{M_{x,d}}}{f_{m,d}} + k_M \cdot \frac{\sigma_{M_{y,d}}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma N_{c0,d}}{f_{c0,d}}\right)^2 + k_M \cdot \frac{\sigma M_{x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma M_{y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Analisando, pode ser averiguado que o resultado dessas somatórias deve ser inferior a 1 (um). Considerando que  $f_{m,d} = 15,2MPa$ , o valor máximo dos momentos fletores, representados nas equações pelos índices  $\sigma M_{y,d}$  e  $\sigma M_{x,d}$ , deve ser o de 15,2Mpa, isso sem considerar o efeito normal que soma à quantia, que deve ser no máximo 1 (um). O objetivo agora então foi achar uma disposição da estrutura que forneça tais condições para os pilares.

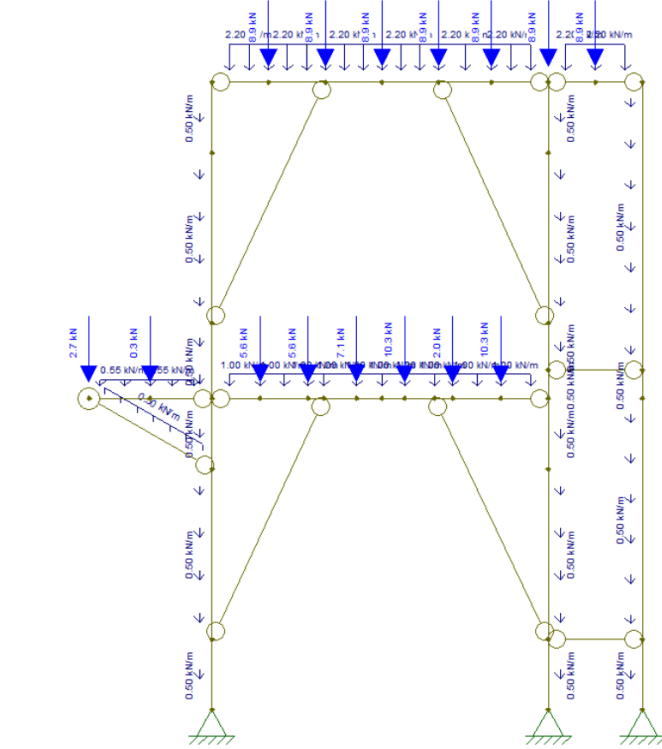
Serão apresentadas agora as opções no software *Ftool* e seus respectivos DMF's, o primeiro sem considerar os efeitos do vento e o segundo, levando em conta o vento oeste. Esse detalhe é para salientar a influência do vento na estrutura.





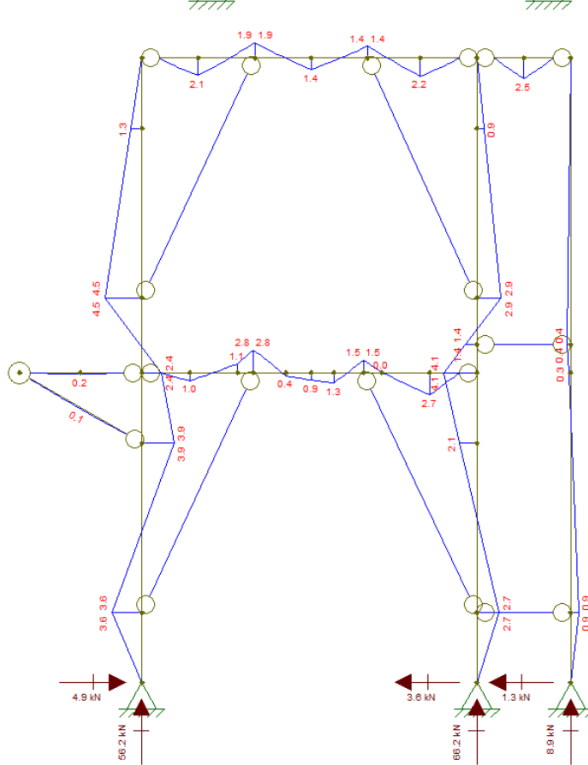
Figura 66 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento oeste com alterações da Opção 03

Estrutura

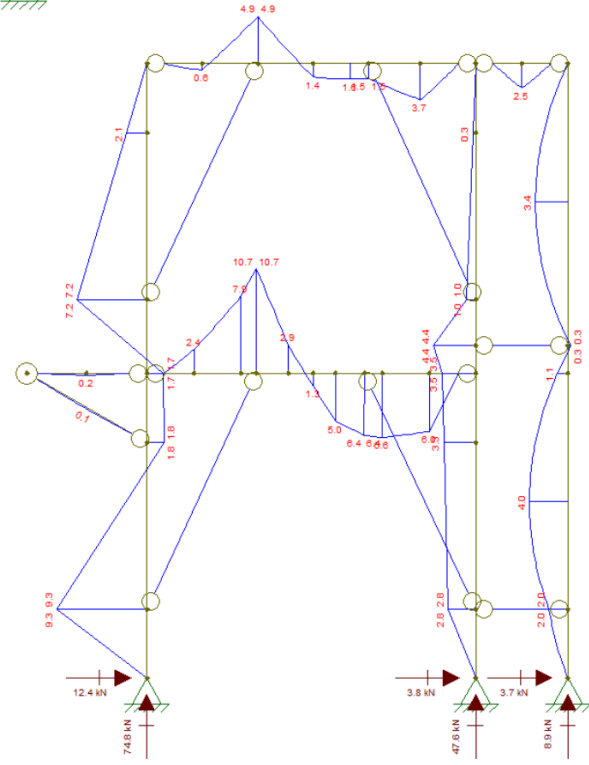


Estrutura da 'Opção 03'

- Disposição diferente das mãos francesas
- Vigas de reforço



DMF da Opção 03, sem considerar ventos

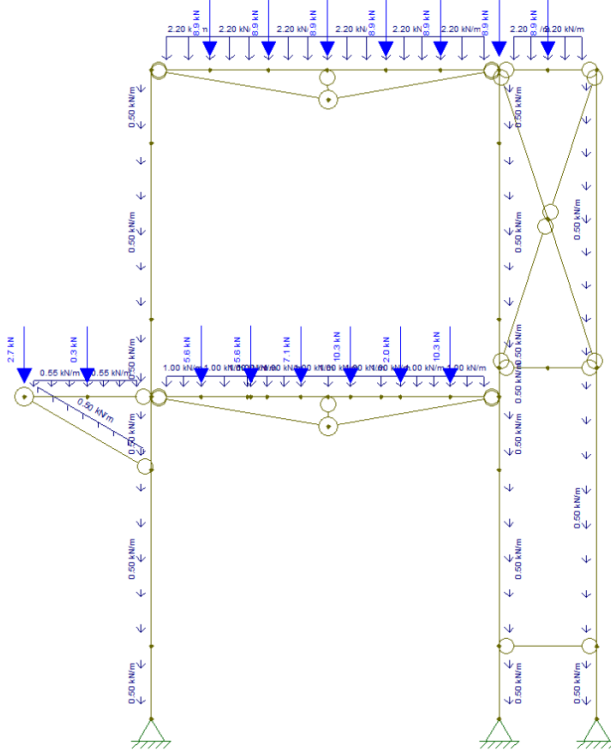


DMF da Opção 03, considerando o Vento Oeste

Fonte: Autoria Própria

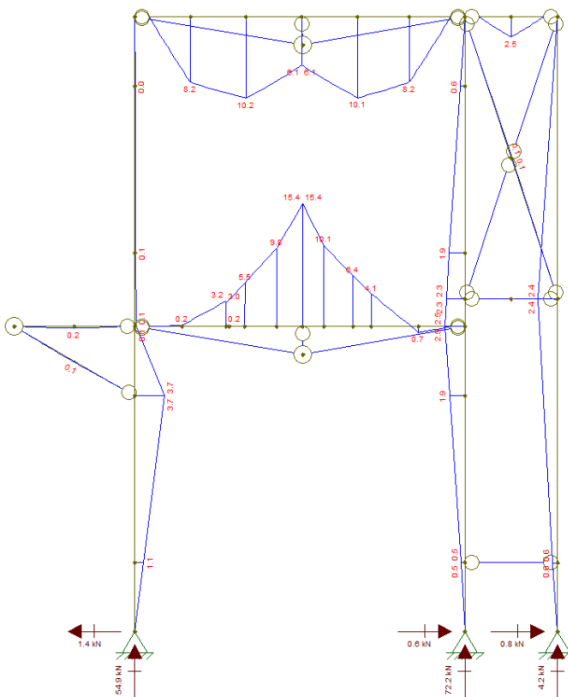
Figura 67 – Análise estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento oeste com alterações da Opção 04

Estrutura

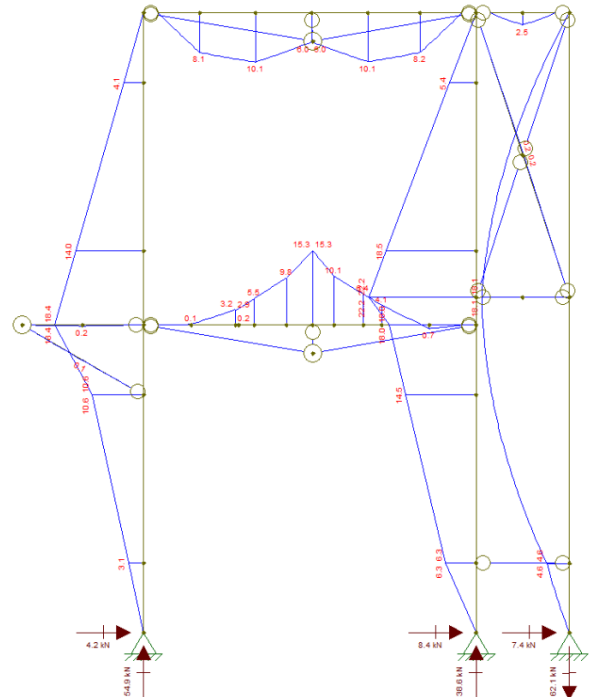


Estrutura da 'Opção 04'

- Vigas vagonadas, conhecidas como "vigas vagão"
- Vigas de reforço
- Mão francesa complementar



DMF da Opção 04, sem considerar ventos



DMF da Opção 04, considerando o Vento Oeste

Fonte: Autoria Própria

Na opção 01, o cabo de não foi o suficiente para conter o momento gerado pela força que se distribui nas mãos francesas e que por consequência é descarregado no pilar em um ângulo que atenua sua intensidade num fator pequeno de cerca de 8%, por causa do ângulo de aproximadamente  $22^\circ$  que a mão francesa faz com a viga da laje.

Na opção 02, o mesmo problema acontece, porém de maneira mais acentuada. O ângulo que a mão francesa faz com a viga da laje é agora de  $11,7^\circ$ , ainda menor, transferindo uma força horizontal para o pilar ainda maior, gerando um momento maior.

Na opção 03, um resultado melhor. Pode ser notado um momento fletor nos pilares consideravelmente menor. Tais valores já trariam ao quesito flexocompressão nos pilares condições aceitáveis. Isso se deve ao mesmo ângulo discutido nas duas situações anteriores. Agora o mesmo é de  $65,2^\circ$ , fazendo com que a transferência de forças, que na mão francesa se trata da força normal de compressão e que transferindo para o pilar na componente horizontal gera o momento no mesmo, tem seus valores atenuados. Essa opção será utilizada novamente.

A opção 04 sozinha também não produz resultados satisfatórios. Ela criou outro problema inclusive, que é o momento excessivo na viga da laje.

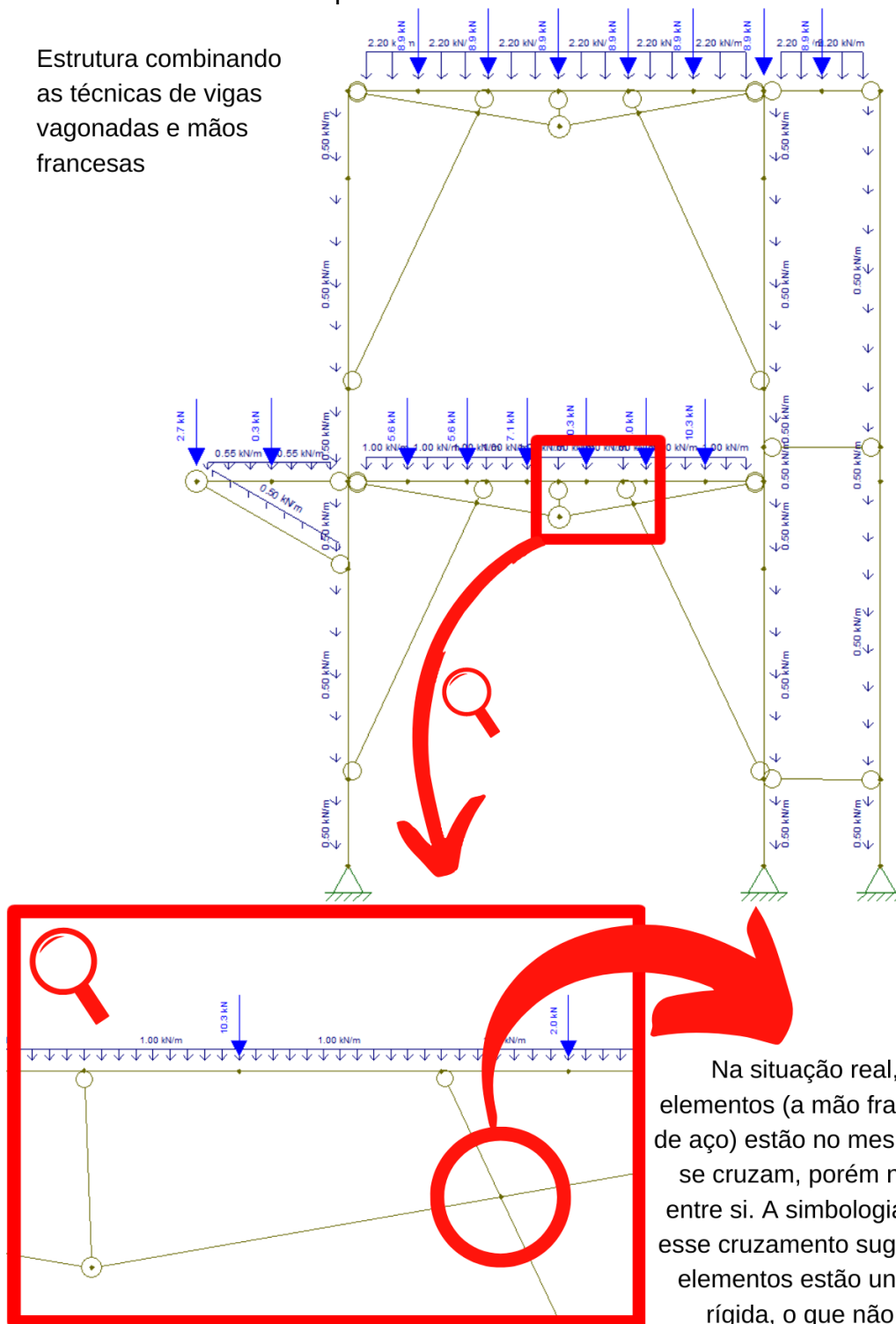
A solução utilizada foi a de combinar as opções 03 e 04. A opção 03 foi a que representou melhores mudanças para a situação dos pilares e a opção 04 era a única que tinha possibilidade de alterar os momentos da viga da laje devido sua qualidade de conter uma compressão interna, garantindo uma maior resistência geral, mesmo o que acontece nas vigas de concreto protendido.

Segue uma imagem que retrata a impossibilidade de analisar essa combinação de maneira completa no Ftool.



Figura 68 – Esquema da solução adotada pelo autor representada erroneamente no Ftool

Estrutura combinando as técnicas de vigas vagonadas e mãos francesas

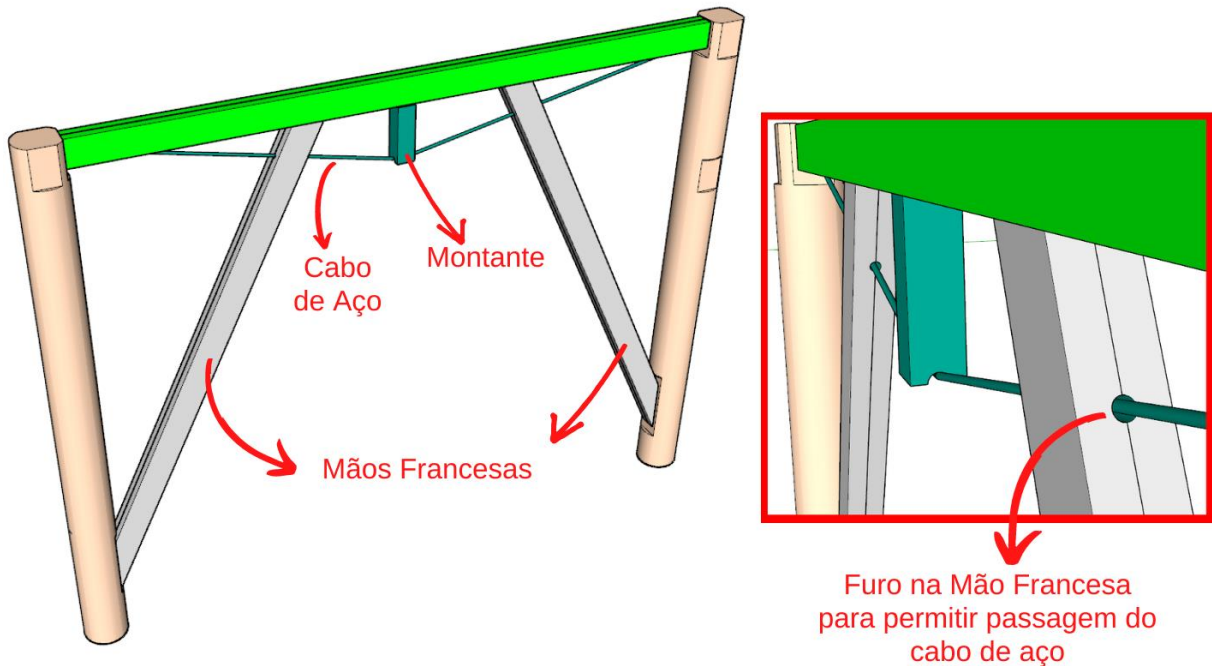


Na situação real, ambos os elementos (a mão francesa e o cabo de aço) estão no mesmo plano e sim, se cruzam, porém não interagem entre si. A simbologia do Ftool para esse cruzamento sugere que os dois elementos estão unidos de forma rígida, o que não é verdade.

Fonte: Autoria Própria

Para sanar esse problema, a viga vagonada foi dimensionado separadamente e separadamente inserido seus valores de forças normais negativas (compressão) que atua na viga que serve de apoio à laje e também a força vertical que atua tanto como uma compressão no montante como também uma força cortante na viga. Segue um desenho esquemático do sistema criado da figura anterior.

Figura 69 – Croqui do sistema viga vagonada com mãos francesas



Fonte: Autoria Própria

#### 4.6.10.4.4.1 Análise da viga vagonada

A técnica é simples, basta dividir a viga em duas metades e considerar momento nulo nas quatro novas extremidades. Determinando as reações das verticais, são obtidas duas reações que na viga original eram as extremidades e duas reações para as reações que na viga original estavam no exato centro da mesma. São necessários quatro dimensionamentos desse tipo:

- viga P4-P5 da cobertura;
- viga P4-P5 do 1º pavimento;
- viga P7-P8 da cobertura;
- viga P7-P8 do 1º pavimento.

Com intuito de diminuir o volume de conteúdo do texto principal, está exposto nesse documento somente o dimensionamento da viga P4-P5 da cobertura. Os outros dimensionamentos se encontram no Apêndice B.

$$\sum F_y = 0 \quad (52)$$

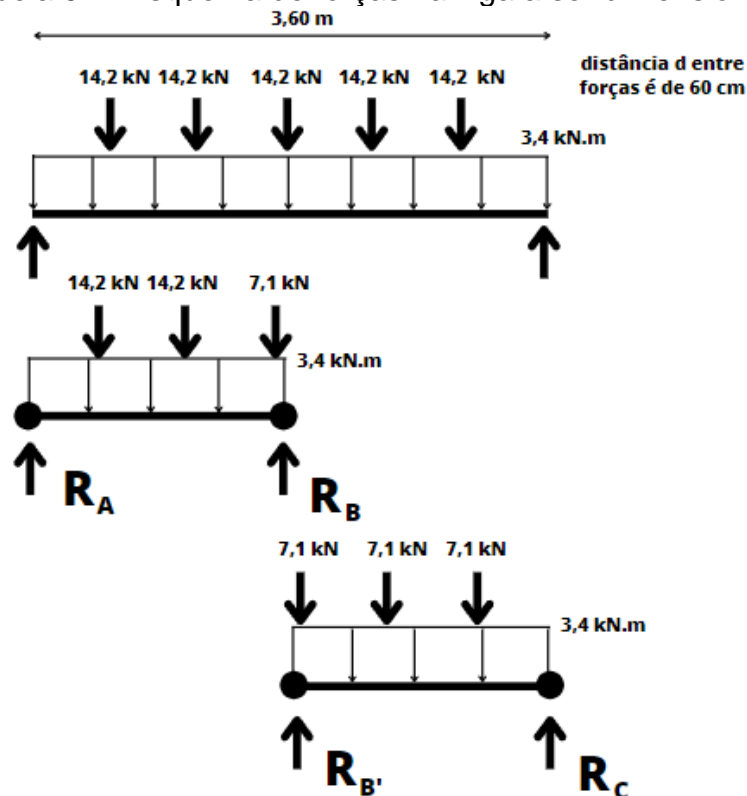
$$\sum M_i = 0 \quad (53)$$

Com essas duas fórmulas somente, é possível dimensionar a viga vagonada ou viga vagão. Foi mencionado que nas figuras 63-68, as cargas eram levemente inferiores às cargas da combinação ELU\*. Na etapa a seguir, as cargas devem ser às relativas à combinação ELU\*.

#### 4.6.10.4.4.1.1 Viga vagonada P4 P5 da cobertura

Seguem os cálculos da viga do pórtico P4 P5 da cobertura:

Tabela 57 - Esquema de forças na viga a ser dimensionada



Fonte: Autoria Própria

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (14,2 * 2) + 7,1 + (3,4 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 41,62 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &\rightarrow -[(14,2 * 0,6) + (14,2 * 1,2) + (7,1 * 1,79) + (3,4 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 \\ &= 0 \rightarrow R_B = 24,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 &\rightarrow (7,1 * 0,01) + (14,2 * 0,6) + (14,2 * 1,2) + (3,4 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0 \\ &\rightarrow R_A = 17,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

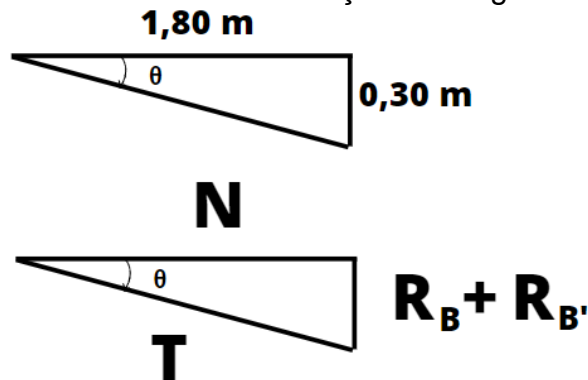
$$R_A + R_B = 15,3 + 10,9 = 41,62 \text{ (kN)}$$

Por simetria, as reações  $R_{B'}$  e  $R_C$  possuem os mesmos valores, ou seja:

$$R_B = R_{B'} = 24,32 \text{ kN e } R_A = R_C = 17,3 \text{ kN}$$

A força vertical total é o somatório de  $R_B$  com  $R_{B'}$  e por semelhança de triângulos, deve-se achar a compressão que atua na viga. Sempre considerando um montante de 30cm, e considerando que as vigas analisadas são irmãs, ou seja, possuem comprimentos iguais, apesar de estarem em pórticos diferentes, pode se achar o ângulo formado entre viga e cabo de aço e suas relações geométricas seno e tangente.

Tabela 58 - Semelhança de triângulos



Fonte: Autoria Própria

$$- R_B + R_{B'} = 48,64 \text{ kN}$$

$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

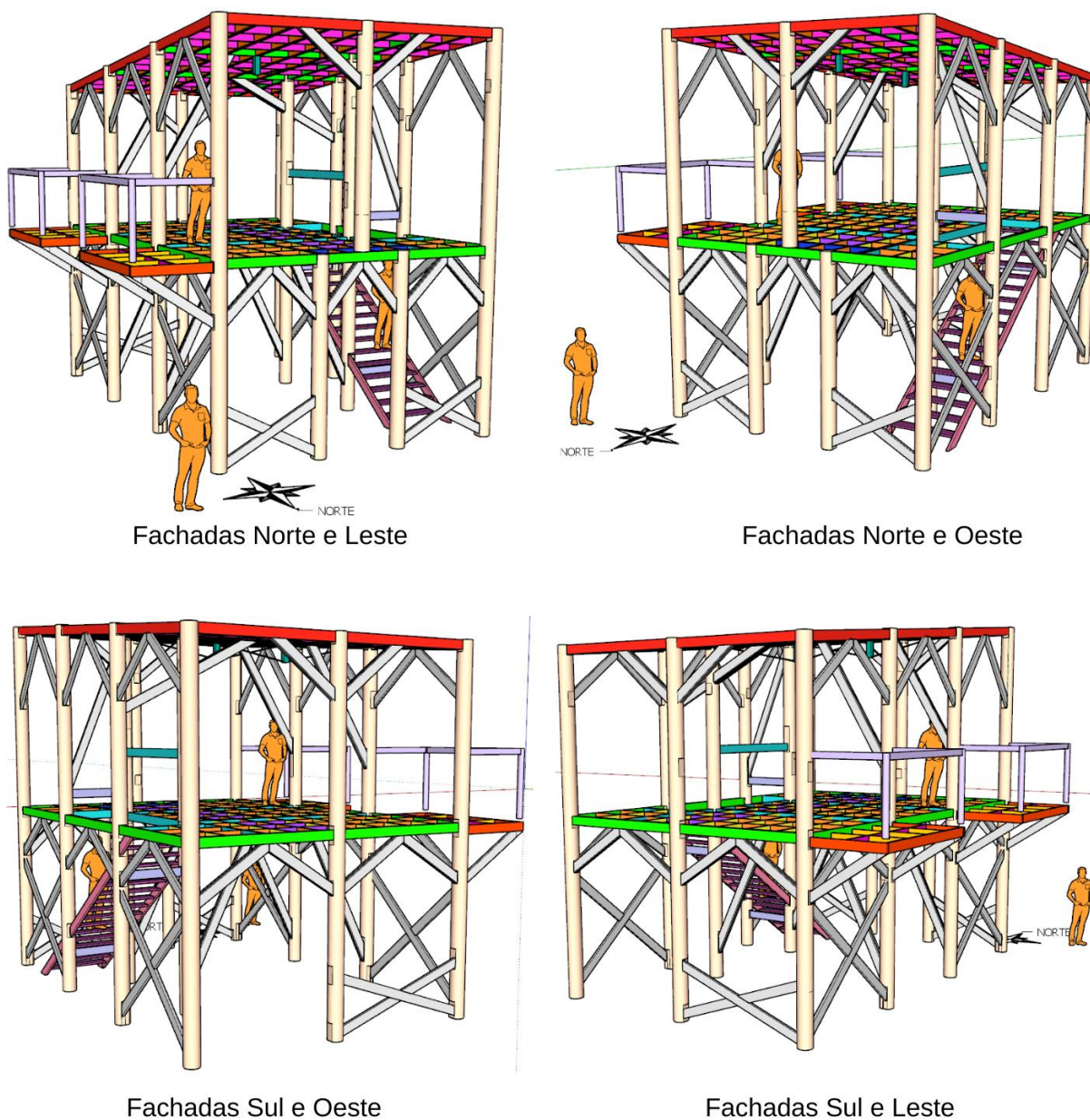
$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{48,64}{T} \rightarrow T = 292,57 \text{ kN}$$

$$- \operatorname{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{48,64}{N} \rightarrow N = 291,92 \text{ kN}$$

Uma vez que as quatro vigas vagonadas são dimensionadas, são inseridos esses valores no modelo do software Ftool para analisar em conjunto o sistema criado.

Além das vigas vagonadas, foram utilizadas mãos francesas e contraventamentos conectando os pilares em locais que não prejudicam a disposição da casa, isso significa basicamente inserir peças estruturais onde estão as paredes. Houve um planejamento para que as peças adicionadas não interajam negativamente com as aberturas nas paredes, vulgo portas e janelas. A configuração do arranjo estrutural 02, que atendem todos os requisitos segue abaixo.

Figura 70 – Croqui da estrutura com as alterações impostas, nomeado 'Arranjo Estrutural 02'



Fonte: Autoria Própria

#### 4.6.10.5 Conclusão do Dimensionamento (ELU\*) e Conferência da Combinação ELS

Como dito anteriormente, todos os cálculos até agora foram baseados na combinação Estado Limite de Último (ELU\*). Agora que foi verificada segurança para a estrutura, deve ser conferido os deslocamentos sob a combinação ELS.

Tabela 59 – Cargas para cada tipo de combinação

Laje/Combinação	Carga (KN/m <sup>2</sup> ) E.L. Serviço	Carga (KN/m <sup>2</sup> ) E.L.U.	Carga (KN/m <sup>2</sup> ) E.L.U.*
Cobertura	5,82	7,51	9,76
2º Pavimento	2,15	4,46	4,46
Varanda	2,45	5,96	5,96

Fonte: Autoria própria

Tabela 60 – Cargas a serem consideradas em cada análise

Laje/Combinação	Carga (KN/m <sup>2</sup> ) 1ª Análise	Carga (KN/m <sup>2</sup> ) 2ª Análise
Cobertura	9,76	5,82
2º Pavimento	4,46	2,15
Varanda	5,96	2,45

Fonte: Autoria própria

Da tabela 60, pode ser visto na coluna intitulada “Carga (kN/m<sup>2</sup>) 1ª Análise” os valores utilizados no dimensionamento até agora. Na outra coluna, os valores que são usados, porém para analisar os deslocamentos da estrutura.

Como feito anteriormente, da menor peça, as vigas terciárias, para as vigas secundárias e assim por diante até obtermos todos os deslocamentos da estrutura nessa outra combinação.

Pode ser visto que, a carga utilizada para a Laje 2º Pavimento abaixa de 0,90 para 0,50 kN/m. Para a Laje Cobertura, sobe de 1,70 para 1,10 kN/m. E para a varanda, de 1,15 para 0,55 kN/m.

Como feito anteriormente, as análises do Ftool foram direcionadas pro Apêndice D e as tabelas de verificação para o Apêndice E. O quesito deslocamento é atendido para todos os elementos.

## 4.7 LIGAÇÕES METÁLICAS

### 4.7.1 Modelos utilizados no projeto

Serão feitas análises utilizando as ligações metálicas da fornecedora Rothoblaas para todas as ligações entre pilar e viga. A fornecedora foi a única contendo ficha técnica de suas peças.

As ligações serão do tipo:

- Ligação oculta sem furos com roscas metálicas autoperfurantes SBD
- Estribos metálicos com asas internas

É importante ressaltar que nas análises estruturais feitas ao longo do estudo foram consideradas ligações rotuladas, porém foram utilizadas ligações metálicas que se assemelham a ligações semirrígidas. Essa disparidade não significa necessariamente uma estrutura mais segura pois ao fazer análises com conexões rotuladas, é desconsiderado momentos fletores adicionais que surgem por consequência da rigidez das ligações. Todavia, simplificarmente, manteve-se a hipótese de articulação simples devido à lacuna de elementos metálicos que permitem um dimensionamento mais direto e também pelo fato de que o *Ftool* não permite análises com ligações semirrígidas.

Uma observação sobre as roscas metálicas autoperfurantes. No catálogo da *Rothoblaas*, a mesma é nomeada como uma cavilha metálica autoperfurante. Porém, de acordo com as normas brasileiras, cavilhas são elementos lisos por toda a sua extensão. Pode ser visto na figura 72 que não é o caso. Por esse motivo a nomenclatura foi corrigida.

Na imagem à seguir, pode ser vista uma ligação oculta sem furos. A peça não possuindo furos, precisa ter as roscas metálicas inseridas na mesma a fim garantir a união das peças. Logo, a inserção das roscas precisa ser feita após o chumbamento da ligação oculta no elemento principal. Posicionando o elemento que se conecta ao elemento principal no local correto, é feita então a perfuração da madeira e da ligação oculta. Esse método permite últimos ajustes no posicionamento do segundo elemento e por esse motivo foi escolhido. Além disso, as ligações ocultas sem furos são menos resistentes do que as ligações ocultas com furos. Ou seja, já que esse projeto é um exercício teórico, foi optada pela opção que permite um maior desafio. As ligações ocultas que já possuem furos, que daí exigem que o elemento que se conecta na estrutura principal também já possua a pré-furação. No catálogo da distribuidora, a



sigla SBD se refere às roscas metálicas autoperfurantes, enquanto a sigla STA, se refere às cavilhas metálicas lisas, que exigem pré-furação. Não foram usados pinos metálicos STA. Além da imagem da ligação oculta sem furos, seguirá uma imagem de uma rosca metálica autoperfurante SBD.

Seguem imagens desses suportes:

Figura 71 - Ligação oculta sem furos



Fonte: Catálogo Rothoblaas

Figura 72 - Rosca metálica autoperfurante SBD



Fonte: Catálogo Rothoblaas


Figura 73 - Estribos metálicos com asas internas



Fonte: Catálogo Rothoblaas

Seguem as informações técnicas do estribo metálico relevantes ao estudo:

Figura 74 – Informações técnicas do estribo metálico com asa interna

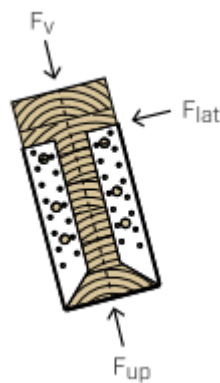


BSIS - LISA			PREGAGEM PARCIAL			
B [mm]	H [mm]	pregos LBA d x L [mm]	número de fixações		valores característicos	
			$n_H^{(2)}$ pçs	$n_J^{(3)}$ pçs	$R_{v,k}$ [kN]	$R_{lat,k}$ [kN]
40 *	110	Ø4 x 40	8	4	<b>8,7</b>	1,9
60 *	100	Ø4 x 40	8	4	<b>7,6</b>	2,6
60 *	160	Ø4 x 40	12	6	<b>15,0</b>	3,4
70 *	125	Ø4 x 40	10	6	<b>10,5</b>	3,7
80	120	Ø4 x 40	10	6	<b>10,4</b>	4,0
80	150	Ø4 x 40	12	6	<b>14,8</b>	4,0
80	180	Ø4 x 40	14	8	<b>12,8</b>	4,8
90	145	Ø4 x 40	12	6	<b>14,2</b>	4,2
100	90	Ø4 x 60	6	4	<b>8,7</b>	4,8
100	120	Ø4 x 60	10	6	<b>16,5</b>	7,7
100	140	Ø4 x 60	12	6	<b>18,9</b>	6,5
100	170	Ø4 x 60	14	8	<b>23,6</b>	7,7
100	200	Ø4 x 60	16	8	<b>23,6</b>	7,7
120	120	Ø4 x 60	10	6	<b>15,6</b>	7,0
120	160	Ø4 x 60	14	8	<b>23,6</b>	8,5
120	190	Ø4 x 60	16	8	<b>23,6</b>	8,5
140	140	Ø4 x 60	12	6	<b>18,9</b>	7,4
140	180	Ø4 x 60	16	8	<b>23,6</b>	9,1

\* Não é possível pregar totalmente

Fonte: Catálogo Rothoblaas

Figura 75 – Esquema do suporte de maneira inclinada transversalmente



Fonte: Catálogo Rothoblaas

Agora seguem informações técnicas da ligação oculta com furos com cavilhas autoperfurantes SBD.

Figura 76 - Informações técnicas da ligação oculta com furos com cavilhas autoperfurantes SBD relativos à força cortante.



ALUMIDI com cavilhas autoperfurantes SBD

ALUMIDI	VIGA SECUNDÁRIA			VIGA PRINCIPAL				
	$H^{(1)}$ [mm]	$b_J$ [mm]	$h_J$ [mm]	cavilhas SBD $\varnothing 7,5^{(2)}$ [pçs - $\varnothing \times L$ ]	FIXAÇÃO COM PREGOS pregos LBA $\varnothing 4 \times 60$ [pçs.]	$R_{v,k}$ [kN]	FIXAÇÃO COM PARAFUSOS parafusos LBS $\varnothing 5 \times 60$ [pçs.]	$R_{v,k}$ [kN]
<b>80</b>	120	120	120	3 - $\varnothing 7,5 \times 115$	14	<b>10,9</b>	14	<b>13,4</b>
<b>120</b>	120	160	160	4 - $\varnothing 7,5 \times 115$	22	<b>19,7</b>	22	<b>24,6</b>
<b>160</b>	120	200	200	5 - $\varnothing 7,5 \times 115$	30	<b>29,6</b>	30	<b>35,3</b>
<b>200</b>	120	240	240	7 - $\varnothing 7,5 \times 115$	38	<b>42,5</b>	38	<b>51,6</b>
<b>240</b>	120	280	280	9 - $\varnothing 7,5 \times 115$	46	<b>54,6</b>	46	<b>66,5</b>
<b>280</b>	140	320	320	10 - $\varnothing 7,5 \times 135$	54	<b>71,8</b>	54	<b>85,0</b>
<b>320</b>	140	360	360	11 - $\varnothing 7,5 \times 135$	62	<b>84,9</b>	62	<b>99,9</b>
<b>360</b>	160	400	400	12 - $\varnothing 7,5 \times 155$	70	<b>103,6</b>	70	<b>119,9</b>
<b>400</b>	160	440	440	13 - $\varnothing 7,5 \times 155$	78	<b>116,3</b>	78	<b>130,7</b>
<b>440</b>	160	480	480	14 - $\varnothing 7,5 \times 155$	86	<b>134,5</b>	86	<b>145,6</b>

Fonte: Catálogo Rothoblaas

Figura 77 - Informações técnicas da ligação oculta com furos com cavilhas autopercutoras SBD relativos à força de tração.



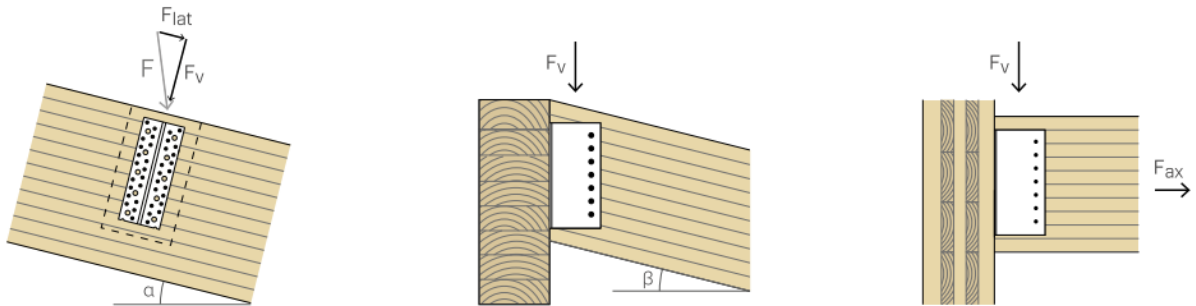
ALUMIDI com cavilhas autopercutoras SBD

ALUMIDI H [mm]	VIGA SECUNDÁRIA			VIGA PRINCIPAL			
	b <sub>J</sub> [mm]	h <sub>J</sub> [mm]	cavilhas SBD Ø7,5 [pçs - Ø x L]	FIXAÇÃO COM PREGOS pregos LBA Ø4 x 60 [pçs.]	R <sub>ax,k</sub> [kN]	FIXAÇÃO COM PARAFUSOS parafusos LBS Ø5 x 60 [pçs.]	R <sub>ax,k</sub> [kN]
80	120	120	3 - Ø7,5 x 115	14	11,3	14	23,9
120	120	160	4 - Ø7,5 x 115	22	17,8	22	37,5
160	120	200	5 - Ø7,5 x 115	30	24,3	30	51,2
200	120	240	7 - Ø7,5 x 115	38	30,8	38	64,8
240	120	280	9 - Ø7,5 x 115	46	37,3	46	78,4
280	140	320	10 - Ø7,5 x 135	54	43,7	54	92,1
320	140	360	11 - Ø7,5 x 135	62	50,2	62	105,7
360	160	400	12 - Ø7,5 x 155	70	56,7	70	119,4
400	160	440	13 - Ø7,5 x 155	78	63,2	78	133,0
440	160	480	14 - Ø7,5 x 155	86	69,7	86	146,6

Fonte: Catálogo Rothoblaas

Agora seguem exemplos de uso:

Figura 78 – Exemplos de uso



Fonte: Catálogo Rothoblaas

Nota-se que, nas tabelas foram repassados valores de resistências característicos, ou seja, assim como na norma brasileira, deve ser utilizado a equação (17), que substituindo por variáveis compatíveis à análise fica assim:

$$R_D = k_{mod} \cdot \frac{R_k}{\gamma_M} \tag{54}$$

A fórmula (54), presente no catálogo *Rothoblaas* usa como base a norma europeia EN 1995-1-1 (2004). Conferindo os valores dos coeficientes da norma estrangeira, podem ser achados os seguintes valores:

- $k_{mod} = 0,5$  (considerando a classe de serviço da norma europeia mais compatível ao do local atual seria a 3 e também que a classe de duração de carga seria a permanente);
- $\gamma_M = 1,3$  (já que o material seria o '*solid timber*', que significa madeira maciça. Deve ser lembrado que a norma brasileira ABNT NBR 7190:2022 considera seções compostas como peças maciças.)

Ao se considerar esses valores, o fator que multiplica as resistências característica é um resultado menor dos que os fatores que são utilizados na norma brasileira, ou seja, a norma brasileira é mais rígida nesse caso. Por esse motivo, serão utilizados os valores da norma brasileira.

Os valores utilizados para os coeficientes são os mesmos utilizados até o momento. Ou seja:

$$- k_{mod1} = 0,8$$

$$- k_{mod2} = 0,6$$

$$- \gamma_M = 1,4$$

Deve ser lembrado que  $k_{mod} = k_{mod1} * k_{mod2}$ . Serão apresentadas agora tabelas com os modelos utilizados no projeto, com suas resistências características respectivas e também suas resistências de projeto, para três tipos de solicitação, esforço cortante, tração e esforço lateral:

Tabela 61 – Resistência à esforços cortantes

Esforços de Cortante			
Modelo da ligação		$R_{vk}$ (kN)	$R_{vd}$ (kN)
Estribo metálico com asa interna (mm)	40 x 110	8,70	2,98
	100 x 110	16,50	5,66
	100 x 140	18,90	6,48
	140 x 140	18,90	6,48
	120 x 120	13,40	4,59
	120 x 160	24,60	8,43
Ligação oculta com cavilhas autoperfurantes SBD (mm)	120 x 200	35,30	12,10
	120 x 240	51,60	17,69
	120 x 280	66,50	22,80
	120 x 320	85,00	29,14

Fonte: Catálogo Rothoblaas, adaptado

Tabela 62 – Resistências à esforços de tração

Esforços de Tração			
Modelo da ligação		$R_{axk}$ (kN)	$R_{axd}$ (kN)
cavilhas autoperfurantes SBD (mm)	120 x 120	23,9	8,2
	120 x 160	37,5	12,9
	120 x 200	51,2	17,6
	120 x 240	64,8	22,2
	120 x 280	78,4	26,9
	120 x 320	92,1	31,6

Fonte: Catálogo Rothoblaas, adaptado

Tabela 63 - Resistências à esforços laterais

Esforços Laterais			
Modelo da ligação		$R_{latk}$ (kN)	$R_{latd}$ (kN)
Estribo metálico com asa interna (mm)	40x110	1,9	0,65

Fonte: Catálogo Rothoblaas, adaptado

#### 4.7.2 Ligações metálicas nas conexões perpendiculares

Planilhas agora com os esforços cortantes e de tração, presentes nas ligações das vigas horizontais. Suas dimensões também estarão contidas nas mesmas.

Tabela 64 – Vigas e suas respectivas dimensões e esforços atuantes.

Vigas horizontais				Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Esforço Cortante Solicitante Sd na Ligação	Esforço de Tração perpendicular ao apoio principal
				base (m)	altura (m)		
1º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	0,15	0,15	3	25,5
			Norte 02 P13-P14	0,1	0,15	7,5	20,6
			Norte 03 P14-P3	0,1	0,15	5,4	24,5
			Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	6,9	28,6
			Sul 01 P11-P12	0,1	0,15	7	16,7
			Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	5,2	10,1
			Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	2,5	7,9
			Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	4,8	12
			Oeste 01 P3-P6	0,05	0,15	4,6	8
			Oeste 02 P6-P9	0,1	0,15	2,3	5,2
			Oeste 03 P9-P12	0,05	0,15	4,5	9,1
		Internas	P5-Borda Norte	0,15	0,15	10,7	0,0
			P5-P8	0,05	0,15	1,8	0,0
			P8-Borda Sul	0,1	0,15	4,6	0,0
	Pequenas (Vão da Escada)		0,05	0,15	1,8	0,0	
	P4 P5 P6		0,15	0,2	16,2	0,0	
	Secundárias	P7 P8 P9	0,15	0,2	15	0,0	
		2,40m sem parede	0,05	0,15	3,7	0,0	
		Especial 2.1	0,05	0,15	3,1	0,0	
		Especial 2.2	0,05	0,15	5,7	0,0	
		Especial 2.3	0,05	0,15	3,3	0,0	
		1,80m sem parede	0,05	0,15	2,6	0,0	
		1,80m com parede	0,1	0,15	5,4	0,0	
		Especial 1	0,1	0,15	9,4	0,0	
		2,40 que recebe Especial 1	0,15	0,15	10	0,0	
		10x15 2,40m parede esquerda	0,15	0,15	9,1	0,0	
		10x15 2,40m parede direita	0,15	0,15	8,3	0,0	
		10x15 2,40m com parede	0,1	0,15	5,6	0,0	
		Terciárias	1	0,05	0,15	0,4	0,0
			2	0,05	0,15	0,4	0,0
	3		0,05	0,15	0,4	0,0	
	4		0,05	0,15	0,4	0,0	
	5 - sem parede		0,05	0,15	1,5	0,0	
	6 - com parede		0,05	0,15	2,2	0,0	
	7 - com parede		0,05	0,15	2,2	0,0	
	8 - com parede		0,05	0,15	2,4	0,0	
	9		0,05	0,15	2,4	0,0	
	10		0,05	0,15	0,5	0,0	
	Varandas	Terciária	0,05	0,15	1,5	0,0	
		Secundária	0,05	0,15	2,5	0,0	
		Borda 1,30m	0,05	0,15	3,5	0,0	
		Borda 2,45m	0,15	0,15	4,5	0,0	
	Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	0,15	0,15	8,7
Norte 02 P2-P3				0,15	0,15	9,4	26,3
Sul 01 P10-P11				0,1	0,15	6,4	19
Sul 02 P12-P12				0,1	0,15	7,3	20
Internas			P4 P5 P6	0,15	0,2	13,3	0
			P7 P8 P9	0,15	0,2	12,0	0
			P4 P5 P6	0,1	0,15	8,8	3,8
Internas		P7 P8 P9	0,1	0,15	9,2	3,1	

Fonte: Autoria própria.

São apresentadas tabelas que relacionam o esforço contido na ligação da viga com a capacidade do suporte. Isso significa que essa planilha apresenta valores adimensionais. O significado dessa tabela é entender o grau de capacidade de cada suporte. Valores maiores que 1 (um) significa que o esforço, seja cortante ou de



tração, é maior que a capacidade do dito elemento. O valor sendo menor que 1 (um), o elemento suporta a carga. Não só isso, esses valores adimensionais mostram também quanta folga ou carência cada elemento possui em relação à carga.

As tabelas foram divididas em três categorias: as com vigas na horizontal, com vigas inclinadas longitudinalmente e com vigas inclinadas transversalmente.

Tabela 65 – Taxa de solicitação/resistência à cortante do suporte da viga

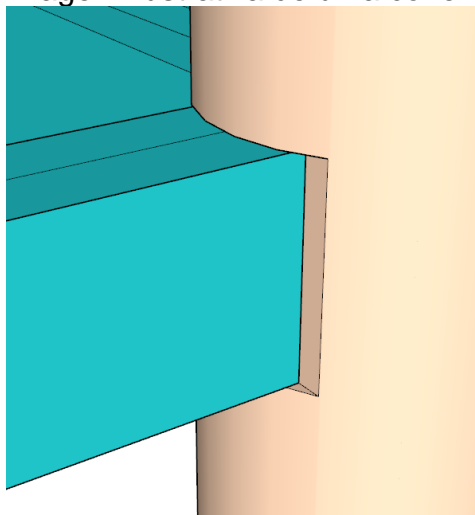
Vigas horizontais				Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Taxa Solicitação/Resistência à Cortante do Suporte de Viga										
						tipo Asa Interna				cavilhas autoperfurantes SBD						
						40*100	100*100	100*140	140*140	120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	
1º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	0,15	0,15	1,01	0,53	0,46	0,46	0,65	0,36	0,25	0,17	0,13	0,10	
			Norte 02 P13-P14	0,1	0,15	2,51	1,33	1,16	1,16	1,63	0,89	0,62	0,42	0,33	0,26	
			Norte 03 P14-P3	0,1	0,15	1,81	0,95	0,83	0,83	1,18	0,64	0,45	0,31	0,24	0,19	
			Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	2,31	1,22	1,06	1,06	1,50	0,82	0,57	0,39	0,30	0,24	
			Sul 01 P11-P12	0,1	0,15	2,35	1,24	1,08	1,08	1,53	0,83	0,58	0,40	0,31	0,24	
			Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	1,74	0,92	0,80	0,80	1,13	0,62	0,43	0,29	0,23	0,18	
			Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	0,84	0,44	0,39	0,39	0,54	0,30	0,21	0,14	0,11	0,09	
			Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	1,61	0,85	0,74	0,74	1,05	0,57	0,40	0,27	0,21	0,16	
			Deste 01 P3-P6	0,05	0,15	1,54	0,81	0,71	0,71	1,00	0,55	0,38	0,26	0,20	0,16	
			Deste 02 P6-P9	0,1	0,15	0,77	0,41	0,35	0,35	0,50	0,27	0,19	0,13	0,10	0,08	
			Deste 03 P9-P12	0,05	0,15	1,51	0,80	0,69	0,69	0,98	0,53	0,37	0,25	0,20	0,15	
			Internas	P5-Borda Norte	0,15	0,15	3,59	1,89	1,65	1,65	2,33	1,27	0,88	0,60	0,47	0,37
				P5-P8	0,05	0,15	0,60	0,32	0,28	0,28	0,39	0,21	0,15	0,10	0,08	0,06
				P8-Borda Sul	0,1	0,15	1,54	0,81	0,71	0,71	1,00	0,55	0,38	0,26	0,20	0,16
				Pequenas (Vão da Escada)	0,05	0,15	0,60	0,32	0,28	0,28	0,39	0,21	0,15	0,10	0,08	0,06
	P4 P5 P6	0,15		0,2	5,43	2,86	2,50	2,50	3,53	1,92	1,34	0,92	0,71	0,56		
	P7 P8 P9	0,15		0,2	5,03	2,65	2,31	2,31	3,27	1,78	1,24	0,85	0,66	0,51		
	2,40m sem parede	0,05		0,15	1,24	0,65	0,57	0,57	0,81	0,44	0,31	0,21	0,16	0,13		
	Especial 2.1	0,05		0,15	1,04	0,55	0,48	0,48	0,68	0,37	0,26	0,18	0,14	0,11		
	Especial 2.2	0,05		0,15	1,31	1,01	0,88	0,88	1,24	0,68	0,47	0,32	0,25	0,20		
	Especial 2.3	0,05		0,15	1,11	0,58	0,51	0,51	0,72	0,39	0,27	0,19	0,14	0,11		
	1,80m sem parede	0,05		0,15	0,87	0,46	0,40	0,40	0,57	0,31	0,21	0,15	0,11	0,09		
	1,80m com parede	0,1		0,15	1,81	0,95	0,83	0,83	1,18	0,64	0,45	0,31	0,24	0,19		
	Especial 1	0,1		0,15	3,15	1,66	1,45	1,45	2,05	1,11	0,78	0,53	0,41	0,32		
	2,40 que recebe Especial 1	0,15		0,15	3,35	1,77	1,54	1,54	2,18	1,19	0,83	0,57	0,44	0,34		
	10x15 2,40m parede esquerda	0,15		0,15	3,05	1,61	1,40	1,40	1,98	1,08	0,75	0,51	0,40	0,31		
	10x15 2,40m parede direita	0,15	0,15	2,78	1,47	1,28	1,28	1,81	0,98	0,69	0,47	0,36	0,28			
	10x15 2,40m com parede	0,1	0,15	1,88	0,99	0,86	0,86	1,22	0,66	0,46	0,32	0,25	0,19			
	Terciárias	1	0,05	0,15	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01		
		2	0,05	0,15	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01		
		3	0,05	0,15	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01		
		4	0,05	0,15	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01		
		5 - sem parede	0,05	0,15	0,50	0,27	0,23	0,23	0,33	0,18	0,12	0,08	0,07	0,05		
		6 - com parede	0,05	0,15	0,74	0,39	0,34	0,34	0,48	0,26	0,18	0,12	0,10	0,08		
		7 - com parede	0,05	0,15	0,74	0,39	0,34	0,34	0,48	0,26	0,18	0,12	0,10	0,08		
		8 - com parede	0,05	0,15	0,80	0,42	0,37	0,37	0,52	0,28	0,20	0,14	0,11	0,08		
		9	0,05	0,15	0,80	0,42	0,37	0,37	0,52	0,28	0,20	0,14	0,11	0,08		
		10	0,05	0,15	0,17	0,09	0,08	0,08	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02		
		Varrandas	Terciária	0,05	0,15	0,50	0,27	0,23	0,23	0,33	0,18	0,12	0,08	0,07	0,05	
			Secundária	0,05	0,15	0,84	0,44	0,39	0,39	0,54	0,30	0,21	0,14	0,11	0,09	
			Borda 1,30m	0,05	0,15	1,17	0,62	0,54	0,54	0,76	0,41	0,29	0,20	0,15	0,12	
			Borda 2,45m	0,15	0,15	1,51	0,80	0,69	0,69	0,98	0,53	0,37	0,25	0,20	0,15	
			Degaus	0,05	0,15	1,84	0,97	0,85	0,85	1,20	0,65	0,45	0,31	0,24	0,19	
	Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	0,15	0,15	2,92	1,54	1,34	1,34	1,90	1,03	0,72	0,49	0,38	0,30
			Bordas	Norte 02 P2-P3	0,15	0,15	3,15	1,66	1,45	1,45	2,05	1,11	0,78	0,53	0,41	0,32
Bordas			Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	2,15	1,13	0,99	0,99	1,39	0,76	0,53	0,36	0,28	0,22	
Bordas			Sul 02 P12-P12	0,1	0,15	2,45	1,29	1,13	1,13	1,59	0,87	0,60	0,41	0,32	0,25	
Internas			P4 P5 P6	0,15	0,2	4,46	2,35	2,05	2,05	2,90	1,58	1,10	0,75	0,58	0,46	
Internas			P7 P8 P9	0,15	0,2	4,02	2,12	1,85	1,85	2,61	1,42	0,99	0,68	0,53	0,41	
Internas			P4 P5 P6	0,1	0,15	2,95	1,56	1,36	1,36	1,92	1,04	0,73	0,50	0,39	0,30	
Internas			P7 P8 P9	0,1	0,15	3,08	1,63	1,42	1,42	2,00	1,09	0,76	0,52	0,40	0,32	

Fonte: Autoria própria.

Pode ser observado que as cores nas células que identificam as vigas seguem o mesmo padrão que vem sendo adotado o momento. Já nas outras células, foram utilizadas as cores verdes para demonstrar que o suporte resiste ao esforço, enquanto a cor vermelha foi utilizada para demonstrar o oposto.

Nas ligações de vigas com pilares, pelo fato do mesmo ser de madeira roliça, é necessário um pequeno entalhe para garantir que o contato entre pilar e viga seja plano e pleno. Segue uma imagem ilustrativa para demonstrar o que se quis dizer.

Figura 79 – Imagem ilustrativa de uma conexão pilar-viga.



Fonte: Autoria própria.

Essa conexão fornece uma resistência a mais à esforços cortantes, considerando que há uma área de contato inferior para transferir cargas. Em vigas horizontais, o esforço cortante será atenuado por esse contato, retirando parte da responsabilidade do suporte metálico de conter o mesmo. Para isso, é necessário calcular a área de contato e garantir que essa tensão assume valores que não corrompam a viga por esmagamento, que seria o problema mais crítico, porém o pilar também pode sofrer esmagamento e corte.

Figura 80 – Ilustração de quatro das seis conexões pilar-viga presentes na estrutura, com seções de viga com 5 e 10 cm de largura. Unidades em metro.

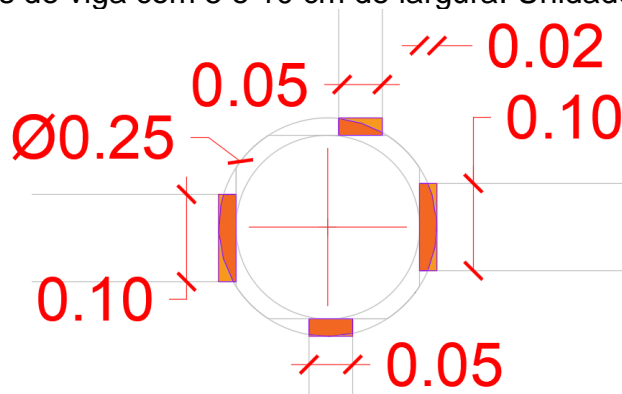
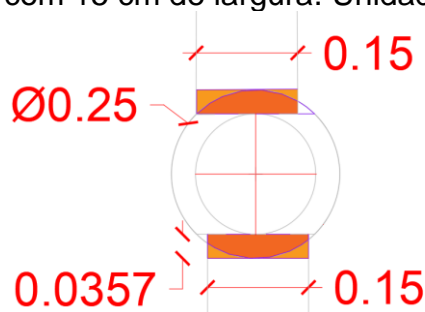


Figura 81 - Ilustração de duas das seis conexões pilar-viga presentes na estrutura, com vigas com 15 cm de largura. Unidades em metro.



Fonte: Autoria própria

Com essas imagens, é possível classificar então as conexões em seis tipos:

- Base 5 cm centralizada
- Base 5 cm deslocada
- Base 10 cm centralizada
- Base 10 cm deslocada
- Base 15 cm centralizada
- Base 15 cm deslocada

O objetivo dessa classificação é de achar um fator, denominado pelo autor como Fator X, que representa a razão entre a área de contato real sobre a área de contato teórica, que seria o caso de um contato nas faces inferior e superior por conexões retangulares. Nas figuras anteriores, a área real é a representada por uma cor laranja mais escura, enquanto a área teórica está representada por ambos os tons de laranja.

Tabela 66 – Fator X

Tipo de junção	Área Real (cm <sup>2</sup> )	Área Teórica (cm <sup>2</sup> )	Fator X
Base 5 Centralizada	0,0009	0,001000	0,9
Base 5 Deslocada	0,0006	0,001000	0,6
Base 10 Centralizada	0,0016	0,002000	0,8
Base 10 Deslocada	0,0015	0,002000	0,75
Base 15 Centralizada	0,0041	0,005355	0,77
Base 15 Deslocada	0,0042	0,005355	0,78

Fonte: Autoria própria

O Fator X, no primeiro momento parece ser dispensável, porém ajuda na memorização de valores, já que agora um engenheiro não precisa ter em mente o

valor exato da área de contato, que possui um formato não regular. Agora, com a largura da viga e a profundidade e o Fator X, o engenheiro pode fazer essas multiplicações de maneira simples.

Com a base da viga, a profundidade do entalhe no pilar e o fator X, é possível achar a área de contato. Dividindo o esforço cortante pela área de contato, se determina a tensão presente. O pilar possui uma tensão resistente para compressão paralela às fibras de 15,2 MPa, enquanto a viga está recebendo um esforço de esmagamento perpendicular às fibras, que possui valor resistente de 3,8 MPa. As tensões determinadas não ultrapassam o valor de 15,2 MPa, porém ultrapassam o valor de 3,8 MPa. O excedente deve ser contido pela ligação metálica.

Tabela 67 – Determinação de tensão contida no entalhe e quanto será necessário ser contido pela ligação metálica

Vigas horizontais				Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Esforço Cortante Solicitante na Ligação	Esforço de Tração perpendicular ao apoio principal	Entalhe nos Pilares para vigas na horizontal								
				base (m)	altura (m)			e (profundidade)	Tipo de conexão relativa à Ao	Fator X	Área de Contato (m²)	Tensão no entalhe (MPa)	Tensão máx de Compressão no pilar food (MPa)	Tensão máx de Esmagamento na viga food (MPa)	Tensão excedente (MPa)	
1º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	0,15	0,15	3	25,5	0,0357	Base 15 Deslocada	0,78	0,00418	0,72	15,2	3,8	0,00	
			Norte 02 P13-P14	0,1	0,15	7,5	20,6	0,02	Base 10 Deslocada	0,75	0,0015	5,00	15,2	3,8	1,20	
			Norte 03 P14-P3	0,1	0,15	5,4	24,5	0,02	Base 10 Deslocada	0,75	0,0015	3,60	15,2	3,8	0,00	
			Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	6,9	28,6	0,02	Base 10 Deslocada	0,75	0,0015	4,80	15,2	3,8	0,00	
			Sul 01 P11-P12	0,1	0,15	7	16,7	0,02	Base 10 Deslocada	0,75	0,0015	4,67	15,2	3,8	0,87	
			Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	5,2	10,1	0,02	Base 5 Deslocada	0,6	0,0012	4,33	15,2	3,8	0,53	
			Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	2,5	7,9	0,02	Base 5 Deslocada	0,6	0,0012	2,08	15,2	3,8	0,00	
			Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	4,8	12	0,02	Base 5 Deslocada	0,6	0,0012	4,00	15,2	3,8	0,20	
			Oeste 01 P3-P6	0,05	0,15	4,6	8	0,02	Base 5 Deslocada	0,6	0,0012	3,83	15,2	3,8	0,03	
		Oeste 02 P6-P9	0,1	0,15	2,3	5,2	0,02	Base 10 Deslocada	0,75	0,0015	1,53	15,2	3,8	0,00		
		Oeste 03 P9-P12	0,05	0,15	4,5	9,1	0,02	Base 5 Deslocada	0,6	0,0012	3,75	15,2	3,8	0,00		
		Internas	P5-Borda Norte	0,15	0,15	10,7	0,0	0,0357	Base 15 Centralizada	0,77	0,00412	2,59	15,2	3,8	0,00	
			P5-P8	0,05	0,15	1,8	0,0	0,02	Base 5 Centralizada	0,9	0,0009	2,00	15,2	3,8	0,00	
			P8-Borda Sul	0,1	0,15	4,6	0,0	0,02	Base 10 Centralizada	0,8	0,0016	2,88	15,2	3,8	0,00	
			Pequenas [Vão da Escada]	0,05	0,15	1,8	0,0	0,02	Base 5 Centralizada	0,9	0,0009	2,00	15,2	3,8	0,00	
	P4 P5 P6		0,15	0,2	16,2	0,0	0,0357	Base 15 Centralizada	0,77	0,00412	3,93	15,2	3,8	0,13		
	P7 P8 P9		0,15	0,2	15	0,0	0,0357	Base 15 Centralizada	0,77	0,00412	3,64	15,2	3,8	0,00		
	Secundárias	2,40m sem parede	0,05	0,15	3,7	0,0										
		Especial 2.1	0,05	0,15	3,1	0,0										
		Especial 2.2	0,05	0,15	5,7	0,0										
		Especial 2.3	0,05	0,15	3,3	0,0										
		1,80m sem parede	0,05	0,15	2,6	0,0										
		1,80m com parede	0,1	0,15	5,4	0,0										
		Especial 1	0,1	0,15	9,4	0,0										
		2,40 que recebe Especial 1	0,15	0,15	10	0,0										
		10x15 2,40m parede esquerda	0,15	0,15	9,1	0,0										
		10x15 2,40m parede direita	0,15	0,15	8,3	0,0										
		10x15 2,40m com parede	0,1	0,15	5,6	0,0										
		Terciárias	1	0,05	0,15	0,4	0,0									
			2	0,05	0,15	0,4	0,0									
			3	0,05	0,15	0,4	0,0									
	4		0,05	0,15	0,4	0,0										
	5 - sem parede		0,05	0,15	1,5	0,0										
	6 - com parede		0,05	0,15	2,2	0,0										
	7 - com parede		0,05	0,15	2,2	0,0										
8 - com parede	0,05		0,15	2,4	0,0											
9	0,05		0,15	2,4	0,0											
10	0,05		0,15	0,5	0,0											
Varandas	Terciária	0,05	0,15	1,5	0,0											
	Secundária	0,05	0,15	2,5	0,0											
	Borda 1,30m	0,05	0,15	3,5	0,0											
	Borda 2,45m	0,15	0,15	4,5	0,0											
			Degraus	0,05	0,15	5,5	0,0									
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	0,15	0,15	8,7	25,1	0,0357	Base 15 Deslocada	0,78	0,00418	2,08	15,2	3,8	0,00	
			Norte 02 P2-P3	0,15	0,15	9,4	26,3	0,0357	Base 15 Deslocada	0,78	0,00418	2,25	15,2	3,8	0,00	
			Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	6,4	19	0,02	Base 10 Deslocada	0,75	0,0015	4,27	15,2	3,8	0,47	
			Sul 02 P12-P12	0,1	0,15	7,3	20	0,02	Base 10 Deslocada	0,75	0,0015	4,87	15,2	3,8	1,07	
		Internas	P4 P5 P6	0,15	0,2	13,3	0	0,0357	Base 15 Centralizada	0,77	0,00412	3,23	15,2	3,8	0,00	
			P7 P8 P9	0,15	0,2	12,0	0	0,0357	Base 15 Centralizada	0,77	0,00412	2,91	15,2	3,8	0,00	
			P4 P5 P6	0,1	0,15	8,8	3,8	0,02	Base 10 Centralizada	0,8	0,0016	5,50	15,2	3,8	1,70	
			P7 P8 P9	0,1	0,15	9,2	3,1	0,02	Base 10 Centralizada	0,8	0,0016	5,75	15,2	3,8	1,95	
			Vigas não estão conectadas em pilares													

Fonte: Autoria própria

Segue agora a tabela considerando a taxa sollicitação/resistência dos suportes metálicos com os esforços cortantes considerando a subtração de resistência que o entalhe provê à ligação.

Tabela 68 - Taxa de solicitação/resistência à cortante do suporte da viga considerando os entalhes.

Vigas horizontais				Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Esforço Cortante Solicitante Sd na Ligação	Esforço de Tração perpendicular ao apoio principal	Taxa Solicitação/Resistência à Cortante do Suporte de Viga considerando entalhes										OBS						
				base (m)	altura (m)			tipo Aza Interna				cavilhas autoperfurantes SBD												
								40*110	100*110	100*140	140*140	120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320							
1º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	0,15	0,15	3	25,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Vigas que tiveram seus valores alterados devido entalhe	Vigas que sofrem tração				
			Norte 02 P13-P14	0,1	0,15	7,5	20,6	0,40	0,21	0,19	0,19	0,26	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04	0,00			0,00			
			Norte 03 P14-P3	0,1	0,15	5,4	24,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00			
			Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	6,9	28,6	0,27	0,14	0,12	0,12	0,17	0,09	0,07	0,05	0,04	0,03	0,00			0,00			
			Sul 01 P11-P12	0,1	0,15	7	16,7	0,29	0,15	0,13	0,13	0,19	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,00			0,00			
			Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	5,2	10,1	0,18	0,09	0,08	0,08	0,12	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,00			0,00			
			Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	2,5	7,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00			
			Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	4,8	12	0,07	0,04	0,03	0,03	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00			0,00			
			Deste 01 P3-P6	0,05	0,15	4,6	8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00			
			Deste 02 P6-P9	0,1	0,15	2,3	5,2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00			
			Deste 03 P9-P12	0,05	0,15	4,5	9,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00			
			Internas	P5-Borda Norte	0,15	0,15	10,7	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	Mesmos resultados da tabela 120	Vigas que não sofrem tração
				P5-P8	0,05	0,15	1,8	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00		
				P8-Borda Sul	0,1	0,15	4,6	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00		
				Pequenas (Vão da Escada)	0,05	0,15	1,8	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00		
	P4 P5 P6	0,15		0,2	16,2	0,0	0,04	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00						
	P7 P8 P9	0,15		0,2	15	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00						
	2,40m sem parede	0,05		0,15	3,7	0,0	1,24	0,65	0,57	0,57	0,81	0,44	0,31	0,21	0,16	0,13	0,00	0,00						
	Especial 2.1	0,05		0,15	3,1	0,0	1,04	0,55	0,48	0,48	0,68	0,37	0,26	0,18	0,14	0,11	0,00	0,00						
	Especial 2.2	0,05		0,15	5,7	0,0	1,91	1,01	0,88	0,88	1,24	0,68	0,47	0,32	0,25	0,20	0,00	0,00						
	Especial 2.3	0,05		0,15	3,3	0,0	1,11	0,58	0,51	0,51	0,72	0,39	0,27	0,19	0,14	0,11	0,00	0,00						
	1,80m sem parede	0,05		0,15	2,6	0,0	0,87	0,46	0,40	0,40	0,57	0,31	0,21	0,15	0,11	0,09	0,00	0,00						
	1,80m com parede	0,1		0,15	5,4	0,0	1,81	0,95	0,83	0,83	1,18	0,64	0,45	0,31	0,24	0,19	0,00	0,00						
	Especial 1	0,1		0,15	9,4	0,0	3,15	1,66	1,45	1,45	2,05	1,11	0,78	0,53	0,41	0,32	0,00	0,00						
	2,40 que recebe Especial 1	0,15		0,15	10	0,0	3,35	1,77	1,54	1,54	2,18	1,19	0,83	0,57	0,44	0,34	0,00	0,00						
	10x15 2,40m parede esquerda	0,15		0,15	9,1	0,0	3,05	1,61	1,40	1,40	1,98	1,08	0,75	0,51	0,40	0,31	0,00	0,00						
	10x15 2,40m parede direita	0,15	0,15	8,3	0,0	2,78	1,47	1,28	1,28	1,81	0,98	0,69	0,47	0,36	0,28	0,00	0,00							
	10x15 2,40m com parede	0,1	0,15	5,6	0,0	1,88	0,99	0,86	0,86	1,22	0,66	0,46	0,32	0,25	0,19	0,00	0,00							
	Terciárias	1	0,05	0,15	0,4	0,0	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00						
		2	0,05	0,15	0,4	0,0	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00						
		3	0,05	0,15	0,4	0,0	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00						
		4	0,05	0,15	0,4	0,0	0,13	0,07	0,06	0,06	0,09	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,00	0,00						
		5 - sem parede	0,05	0,15	1,5	0,0	0,50	0,27	0,23	0,23	0,33	0,18	0,12	0,08	0,07	0,05	0,00	0,00						
		6 - com parede	0,05	0,15	2,2	0,0	0,74	0,39	0,34	0,34	0,48	0,26	0,18	0,12	0,10	0,08	0,00	0,00						
		7 - com parede	0,05	0,15	2,2	0,0	0,74	0,39	0,34	0,34	0,48	0,26	0,18	0,12	0,10	0,08	0,00	0,00						
		8 - com parede	0,05	0,15	2,4	0,0	0,80	0,42	0,37	0,37	0,52	0,28	0,20	0,14	0,11	0,08	0,00	0,00						
		9	0,05	0,15	2,4	0,0	0,80	0,42	0,37	0,37	0,52	0,28	0,20	0,14	0,11	0,08	0,00	0,00						
		10	0,05	0,15	0,5	0,0	0,17	0,09	0,08	0,08	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00						
	Varandas	Terciária	0,05	0,15	1,5	0,0	0,50	0,27	0,23	0,23	0,33	0,18	0,12	0,08	0,07	0,05	0,00	0,00						
		Secundária	0,05	0,15	2,5	0,0	0,84	0,44	0,39	0,39	0,54	0,30	0,21	0,14	0,11	0,09	0,00	0,00						
		Borda 1,30m	0,05	0,15	3,5	0,0	1,17	0,62	0,54	0,54	0,76	0,41	0,29	0,20	0,15	0,12	0,00	0,00						
		Borda 2,45m	0,15	0,15	4,5	0,0	1,51	0,80	0,69	0,69	0,98	0,53	0,37	0,25	0,20	0,15	0,00	0,00						
		Degraus	0,05	0,15	5,5	0,0	1,84	0,97	0,85	0,85	1,20	0,65	0,45	0,31	0,24	0,19	0,00	0,00						
	Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	0,15	0,15	8,7	25,1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Vigas que tiveram seus valores alterados devido entalhe	Sem tração Com tração			
				Norte 02 P2-P3	0,15	0,15	9,4	26,3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Sul 01 P10-P11				0,1	0,15	6,4	19	0,16	0,08	0,07	0,07	0,10	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,00	0,00					
Internas			Sul 02 P12-P12	0,1	0,15	7,3	20	0,36	0,19	0,16	0,16	0,23	0,13	0,09	0,06	0,05	0,04	0,00	0,00					
			P4 P5 P6	0,15	0,2	13,3	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
			P7 P8 P9	0,15	0,2	12,0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Internas			P4 P5 P6	0,1	0,15	8,8	3,8	0,57	0,30	0,26	0,26	0,37	0,20	0,14	0,10	0,07	0,06	0,00	0,00					
			P7 P8 P9	0,1	0,15	9,2	3,1	0,65	0,34	0,30	0,30	0,42	0,23	0,16	0,11	0,09	0,07	0,00	0,00					

Fonte: Autoria própria

O motivo de algumas células estarem destacadas será explicado mais adiante. É evidente uma significativa redução dos esforços cortantes que a ligação metálica agora precisa suportar.

Segue uma tabela referente aos esforços de tração das vigas horizontais da estrutura.



Tabela 69 - Taxa de solicitação/resistência à tração do suporte da viga.

Vigas horizontais				Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Esforço Cortante Solicitante Sd na Ligação	Esforço de Tração perpendicular ao apoio principal	Taxa Solicitação/Resistência à Tração do Suporte de Viga						
				base (m)	altura (m)			cavilhas autoperfurantes SBD						
								120°120	120°160	120°200	120°240	120°280	120°320	
1º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	0,15	0,15	3	25,5	3,11	1,98	1,45	1,15	1,08	0,81	
			Norte 02 P13-P14	0,1	0,15	7,5	20,6	2,51	1,60	1,17	0,93	0,87	0,65	
			Norte 03 P14-P3	0,1	0,15	5,4	24,5	2,39	1,91	1,40	1,10	1,04	0,78	
			Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	6,9	28,6	3,49	2,22	1,63	1,29	1,21	0,91	
			Sul 01 P11-P12	0,1	0,15	7	16,7	2,04	1,30	0,95	0,75	0,71	0,53	
			Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	5,2	10,1	1,23	0,79	0,58	0,45	0,43	0,32	
			Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	2,5	7,9	0,96	0,61	0,45	0,36	0,33	0,25	
			Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	4,8	12	1,46	0,93	0,68	0,54	0,51	0,38	
			Oeste 01 P3-P6	0,05	0,15	4,6	8	0,98	0,62	0,46	0,36	0,34	0,25	
			Oeste 02 P6-P9	0,1	0,15	2,3	5,2	0,63	0,40	0,30	0,23	0,22	0,16	
		Oeste 03 P9-P12	0,05	0,15	4,5	9,1	1,11	0,71	0,52	0,41	0,39	0,29		
		Internas	P5-Borda Norte	0,15	0,15	10,7	0,0							
			P5-P8	0,05	0,15	1,8	0,0							
			P8-Borda Sul	0,1	0,15	4,6	0,0							
			Pequenas (Vão da Escada)	0,05	0,15	1,8	0,0							
			P4 P5 P6	0,15	0,2	16,2	0,0							
			P7 P8 P9	0,15	0,2	15	0,0							
			2,40m sem parede	0,05	0,15	3,7	0,0							
			Especial 2.1	0,05	0,15	3,1	0,0							
			Especial 2.2	0,05	0,15	5,7	0,0							
	Especial 2.3		0,05	0,15	3,3	0,0								
	Secundárias	1,80m sem parede	0,05	0,15	2,6	0,0								
		1,80m com parede	0,1	0,15	5,4	0,0								
		Especial 1	0,1	0,15	9,4	0,0								
		2,40 que recebe Especial 1	0,15	0,15	10	0,0								
		10x15 2,40m parede esquerda	0,15	0,15	9,1	0,0								
		10x15 2,40m parede direita	0,15	0,15	8,3	0,0								
		10x15 2,40m com parede	0,1	0,15	5,6	0,0								
		1	0,05	0,15	0,4	0,0								
		2	0,05	0,15	0,4	0,0								
		3	0,05	0,15	0,4	0,0								
	Terciárias	4	0,05	0,15	0,4	0,0								
		5 - sem parede	0,05	0,15	1,5	0,0								
		6 - com parede	0,05	0,15	2,2	0,0								
		7 - com parede	0,05	0,15	2,2	0,0								
		8 - com parede	0,05	0,15	2,4	0,0								
		9	0,05	0,15	2,4	0,0								
		10	0,05	0,15	0,5	0,0								
		Terciária	0,05	0,15	1,5	0,0								
		Secundária	0,05	0,15	2,5	0,0								
Varandas		Borda 1,30m	0,05	0,15	3,5	0,0								
	Borda 2,45m	0,15	0,15	4,5	0,0									
	Degraus	0,05	0,15	5,5	0,0									
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	0,15	0,15	8,7	25,1	3,06	1,95	1,43	1,13	1,06	0,79	
		Bordas	Norte 02 P2-P3	0,15	0,15	9,4	26,3	3,21	2,05	1,50	1,18	1,11	0,83	
		Bordas	Sul 01 P10-P11	0,1	0,15	6,4	19	2,32	1,48	1,08	0,86	0,81	0,60	
		Bordas	Sul 02 P12-P12	0,1	0,15	7,3	20	2,44	1,56	1,14	0,90	0,85	0,63	
	Internas	P4 P5 P6	0,15	0,2	13,3	0								
		P7 P8 P9	0,15	0,2	12,0	0								
		P4 P5 P6	0,1	0,15	8,8	3,8								
		P7 P8 P9	0,1	0,15	9,2	3,1								
Não sofrem tração								3,06	1,95	1,43	1,13	1,06	0,79	
								3,21	2,05	1,50	1,18	1,11	0,83	
Não sofrem tração								2,32	1,48	1,08	0,86	0,81	0,60	
								2,44	1,56	1,14	0,90	0,85	0,63	
Não sofrem tração								0,46	0,30	0,22	0,17	0,16	0,12	
								0,38	0,24	0,18	0,14	0,13	0,10	

Fonte: Autoria própria

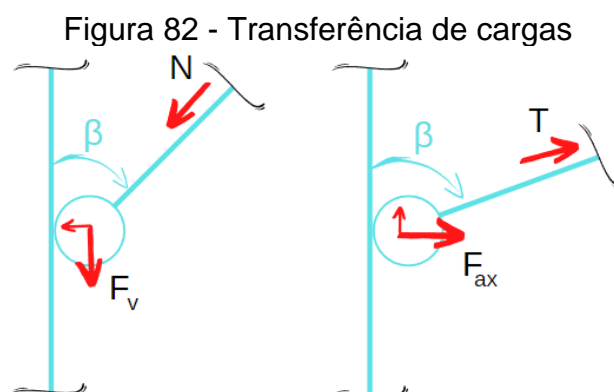
As ligações sujeitas à tração não possuem forma de atenuar suas necessidades de esforço.



Com ambas tabelas à mostra, é possível escolher a ligação metálica que satisfaz ambos os quesitos. Esse é o motivo de algumas células estarem em coloração verde com um tom mais escuro. Pode ser notado que todas as células mais escuras estão “casadas” com as células do outro quesito. Para tal, a conexão deve atender a três critérios: atender a cortante, à tração e também a dimensão já calculada nas etapas anteriores. Consta-se que os modelos de ligação não batem perfeitamente com as dimensões das vigas. Isso exige um detalhamento mais à frente. Verifica-se que nas vigas que não possuem tração, a escolha fica a critério somente dos esforços cortantes.

#### 4.7.3 Ligações metálicas nas conexões com vigas inclinadas

Nas vigas inclinadas, também é utilizado o recurso da atenuação do cortante a fim de economizar na escolha das ligações metálicas. A diferença entre esse tópico e o anterior é a angulação. A inclinação faz com que a resistência à compressão diminua, e essa diminuição é uma equação que depende do ângulo entre os elementos. A equação de Hankinson (29) que traz essa relação. A angulação também traz outra observação, a determinação da tração perpendicular à superfície do pilar, como mostra na imagem 82. Abaixo segue uma imagem ilustrativa de como ocorre a transferência de carga em elementos inclinados entre si:



De acordo com a imagem  $F_v = N \cdot \cos(\beta)$  e  $F_{ax} = T \cdot \sin(\beta)$ . Por segurança, foram somadas à  $F_v$  as cortantes máximas presentes nas vigas. Esses seriam as forças que a ligação teria que suportar. Seguem uma planilha com essas contas.

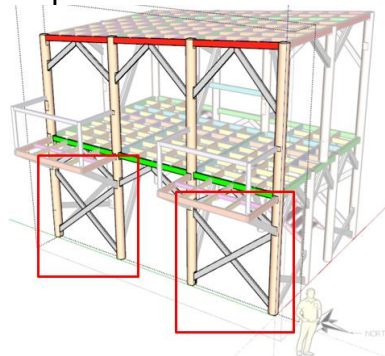
Tabela 71. Cargas existentes nas ligações

Vigas inclinadas			Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Compressão Max (kN)	Tração Max (kN)	Esforço Cortante nas vigas inclinadas (kN)	ângulo (graus)	cos ângulo	sen ângulo	Esforço Cortante Total Solicitante na Ligação Sd	Esforço de Tração perpendicular ao apoio principal	
			base (m)	altura (m)									
1º Pavimento	Mão Francesa	P4 P5 P6	0,1	0,15	33,0	20,5	0	26,5	0,895	0,446	29,5	9,1	
		P7 P8 P9	0,1	0,15	33,4	20,0	0,3	26,5	0,895	0,446	30,2	8,9	
		Fachada Norte G	0,1	0,15	45,0	20,6	0,2	45	0,707	0,707	32,0	14,6	
		Fachada Norte P	0,1	0,15	37,9	0,0	0	40	0,766	0,643	29,0	0,0	
		Fachada Norte Janela	0,1	0,15	15,2	7,9	0	56,3	0,555	0,832	8,4	6,6	
		Fachada Sul	0,1	0,15	41,4	5,6	0,3	56,2	0,556	0,831	23,3	4,7	
		Fachada Sul Janela	0,1	0,15	19,0	14,9	0,3	56,3	0,555	0,832	10,8	12,4	
		Fachada Leste Térreo MF sup	0,05	0,15	24,3	0,0	0,3	56,2	0,556	0,831	13,8	0,0	
		Fachada Leste Térreo cruz	0,05	0,15	11,3	13,9	0,5	43	0,731	0,682	8,8	9,5	
		Fachada Oeste Térreo MF sup	0,05	0,15	20,2	0,0	0,3	56,2	0,556	0,831	11,5	0,0	
		Fachada Oeste Térreo cruz	0,05	0,15	14,4	12,9	0,4	43	0,731	0,682	10,9	8,8	
		Varanda	0,05	0,15	16,9	0,0	0,3	60	0,500	0,866	8,8	0,0	
		Escada considerada isoladamente	1a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,5	0,8	1	60	0,500	0,866	1,3	0,7
			2a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,8	0,8	1,4	60	0,500	0,866	1,8	0,7
	3a viga (baixo pra cima)		0,05	0,15	0,3	0,3	0,4	60	0,500	0,866	0,6	0,3	
	Cobertura	Primárias	Bordas	Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	5,6	2,9	1,3	85	0,087	0,996	1,8
Leste 02 P4-P7				0,05	0,15	9,2	4,8	1,9	85	0,087	0,996	2,7	4,8
Leste 03 P7-P10				0,05	0,15	3,2	5,7	1,3	85	0,087	0,996	1,6	5,7
Oeste 01 P3-P6			0,05	0,15	7,4	2,5	1,3	85	0,087	0,996	1,9	2,5	
Oeste 02 P6-P9			0,05	0,15	10,5	4	2	85	0,087	0,996	2,9	4,0	
Oeste 03 P9-P12			0,05	0,15	3,4	4,9	1	85	0,087	0,996	1,3	4,9	
Secundárias		sem clariboia	0,1	0,15	0,4	0,3	7,2	85	0,087	0,996	7,2	0,3	
		recebe clariboia	0,1	0,15	0,4	0,4	7,9	85	0,087	0,996	7,9	0,4	
		P4 P5 P6 direita	0,1	0,15	25,5	0	0,1	18,15	0,950	0,312	24,3	0,0	
		P4 P5 P6 esquerda	0,1	0,15	14,2	0	0,1	27,0	0,891	0,454	12,8	0,0	
		P7 P8 P9 esquerda	0,1	0,15	17,7	0	0,3	24	0,914	0,407	16,5	0,0	
		P7 P8 P9 direita 01	0,1	0,15	18,4	0	0,3	58	0,530	0,848	10,1	0,0	
Mão Francesa	P7 P8 P9 direita 02	0,1	0,15	6,5	0	0,3	58	0,530	0,848	3,7	0,0		
	Fachada Norte	0,1	0,15	41,3	0	0,1	45	0,707	0,707	29,3	0,0		
	Fachada Sul	0,1	0,15	32,6	0	0,1	45	0,707	0,707	23,2	0,0		
	Fachada Leste	0,1	0,15	14	3	0,3	45	0,707	0,707	10,2	2,1		
	Fachada Oeste	0,1	0,15	13,8	5	0,3	45	0,707	0,707	10,1	3,5		

Fonte: Autoria própria

Agora, são expostas planilhas semelhantes às apresentadas no tópico anterior, com as taxas solicitação/resistência. Outro detalhe: as mãos francesas intituladas com um “cruz” (que são os contraventamentos adicionadas para garantir estabilidade estrutural), são estruturas que possuem maior comprimento e que foram, na planilha, posicionadas na linha das mãos francesas. As mesmas estão destacadas na imagem a seguir.

Figura 83 – Contraventamentos intituladas nas planilhas como “cruz” presentes na fachada leste



Fonte: Autoria própria

Na tabela anterior, pode ser averiguado que algumas das seções das barras de madeira foram consideradas nos cálculos até agora como possuindo dimensão 5 x 15 cm, porém, analisando a tabela que calcula a esbeltez das peças que sofrem compressão (tabela 47), pode ser visto que existe um comprimento máximo para garantir que as mesmas não falhem nesse quesito, e para seções de 5 x 15 cm, o comprimento máximo para evitar falha no quesito esbeltez é de 2 m. Foi feita então uma consideração. Todas as ditas mãos francesas serão no projeto consideradas como 10 x 15 cm.

Tabela 72 – Taxa Solicitação/Resistência em relação ao esforço cortante.

Vigas inclinadas			Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Taxa Solicitação/Resistência à Cortante do Suporte de Viga											
					tipo Asa Interna					cavilhas autoperfurantes SBD						
					40*110	100*110	100*140	140*140	120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320		
1º Pavimento	Mão Francesa	P4 P5 P6	0,1	0,15	9,90	5,22	4,56	4,56	6,43	3,50	2,44	1,67	1,30	1,01		
		P7 P8 P9	0,1	0,15	10,12	5,34	4,66	4,66	6,58	3,58	2,49	1,71	1,32	1,04		
		Fachada Norte G	0,1	0,15	10,73	5,66	4,94	4,94	6,98	3,80	2,65	1,81	1,40	1,10		
		Fachada Norte P	0,1	0,15	9,73	5,13	4,48	4,48	6,33	3,44	2,40	1,64	1,27	1,00		
		Fachada Norte Janela	0,1	0,15	2,83	1,49	1,30	1,30	1,84	1,00	0,70	0,48	0,37	0,29		
		Fachada Sul	0,1	0,15	7,82	4,12	3,60	3,60	5,08	2,77	1,93	1,32	1,02	0,80		
		Fachada Sul Janela	0,1	0,15	3,63	1,92	1,67	1,67	2,36	1,29	0,90	0,61	0,48	0,37		
		Fachada Leste Térreo MF sup	0,05	0,15	4,63	2,44	2,13	2,13	3,01	1,64	1,14	0,78	0,61	0,47		
		Fachada Leste Térreo cruz	0,05	0,15	2,94	1,55	1,35	1,35	1,91	1,04	0,72	0,50	0,38	0,30		
		Fachada Oeste Térreo MF sup	0,05	0,15	3,87	2,04	1,78	1,78	2,51	1,37	0,95	0,65	0,51	0,40		
		Fachada Oeste Térreo cruz	0,05	0,15	3,66	1,93	1,69	1,69	2,38	1,30	0,90	0,62	0,48	0,38		
		Varanda	0,05	0,15	2,93	1,55	1,35	1,35	1,91	1,04	0,72	0,49	0,38	0,30		
		Escada considerada isoladamente	1a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,42	0,22	0,19	0,19	0,27	0,15	0,10	0,07	0,05	0,04	
			2a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,60	0,32	0,28	0,28	0,39	0,21	0,15	0,10	0,08	0,06	
		3a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,18	0,10	0,08	0,08	0,12	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02		
	Cobertura	Primárias	Bordas	Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	0,60	0,32	0,28	0,28	0,39	0,21	0,15	0,10	0,08	0,06
				Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	0,91	0,48	0,42	0,42	0,59	0,32	0,22	0,15	0,12	0,09
				Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	0,53	0,28	0,24	0,24	0,34	0,19	0,13	0,09	0,07	0,05
				Oeste 01 P3-P6	0,05	0,15	0,65	0,34	0,30	0,30	0,42	0,23	0,16	0,11	0,09	0,07
			Oeste 02 P6-P9	0,05	0,15	0,98	0,52	0,45	0,45	0,64	0,35	0,24	0,16	0,13	0,10	
Oeste 03 P9-P12			0,05	0,15	0,43	0,23	0,20	0,20	0,28	0,15	0,11	0,07	0,06	0,04		
Secundárias			sem clarboia	0,1	0,15	2,43	1,28	1,12	1,12	1,58	0,86	0,60	0,41	0,32	0,25	
			recebe clarboia	0,1	0,15	2,66	1,40	1,22	1,22	1,73	0,94	0,66	0,45	0,35	0,27	
		P4 P5 P6 direita	0,1	0,15	8,16	4,30	3,75	3,75	5,30	2,88	2,01	1,38	1,07	0,83		
		P4 P5 P6 esquerda	0,1	0,15	4,28	2,25	1,97	1,97	2,78	1,51	1,05	0,72	0,56	0,44		
Mão Francesa		P7 P8 P9 esquerda	0,1	0,15	5,52	2,91	2,54	2,54	3,59	1,95	1,36	0,93	0,72	0,57		
		P7 P8 P9 direita 01	0,1	0,15	3,37	1,78	1,55	1,55	2,19	1,19	0,83	0,57	0,44	0,34		
		P7 P8 P9 direita 02	0,1	0,15	1,26	0,66	0,58	0,58	0,82	0,44	0,31	0,21	0,16	0,13		
		Fachada Norte	0,1	0,15	9,82	5,18	4,52	4,52	6,38	3,47	2,42	1,66	1,29	1,01		
		Fachada Sul	0,1	0,15	7,76	4,09	3,57	3,57	5,04	2,74	1,91	1,31	1,02	0,79		
		Fachada Leste	0,1	0,15	3,42	1,80	1,57	1,57	2,22	1,21	0,84	0,58	0,45	0,35		
	Fachada Oeste	0,1	0,15	3,37	1,78	1,55	1,55	2,19	1,19	0,83	0,57	0,44	0,35			

Fonte: Autoria própria

Pode ser visto que as taxas estão bem altas, sendo que algumas ligações metálicas não suportariam por si só as cargas. São utilizados então entalhes a fim de atenuar esses esforços. Como dito anteriormente, a equação de Hakinson é utilizada nesse tópico, não esquecendo do Fator X, que também é utilizado.

Para os entalhes, deve ser definido a profundidade e o ângulo  $\beta$ , que é o menor ângulo formado entre os dois elementos. Com esses valores, é possível determinar a área de contato. A fórmula padrão para isso segue abaixo:

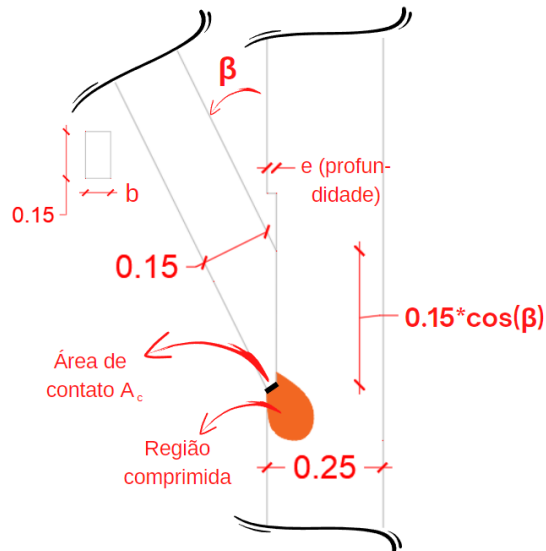
$$A_c = b \cdot \frac{e}{\cos(\beta)} \quad (55)$$

Onde:

- $e$  é a profundidade do entalhe;
- $b$  é a largura do elemento que se conecta no pilar.

Porém, para achar a real área de contato, deve ser multiplicado pela área de contato o Fator X. Segue uma ilustração genérica da situação.

Figura 84 – Esquema de uma ligação pilar viga utilizando entalhes



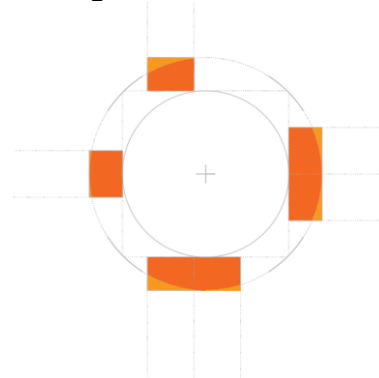
Fonte: Autoria própria

Em relação à ligação oculta, a mesma deve ser dimensionada para caber na dimensão mencionada na ilustração como " $0,15 \cdot \cos(\beta)$ ".

Uma vez que a área de contato é definida, deve ser achado a tensão ocorrendo no dente. Após isso, deve-se achar a capacidade resistente do dente, que varia de acordo com o ângulo da ligação (Equação de Hankinson). Essa é a tensão máxima que o dente suporta, logo, caso a tensão no dente for superior à tensão máxima, esse excedente deve ser suportado pela ligação metálica. Segue uma planilha demonstrando as etapas e resultados desse raciocínio.

Uma alteração será feita. Nas vigas horizontais, foram consideradas 6 tipos de ligação com o pilar baseado na profundidade do entalhe. Nas mãos francesas, será considerado sempre a profundidade de 3,57 cm. Fazendo isso, outro fator X precisa ser calculado

Figura 85 – Fator X



Fonte: Autoria própria

Figura 86 - Fator X

Tipo de Junção	Área real (m <sup>2</sup> )	Área Teórica (m <sup>2</sup> )	Fator X
Base 5 Centralizada	0,0017	0,001785	0,95
Base 5 Descentralizada	0,0014	0,001785	0,78
Base 10 centralizada	0,0032	0,003570	0,90
Base 10 descentralizada	0,0031	0,003570	0,87

Fonte: Autoria própria

Tabela 73 – Tensão excedente após inserir entalhe em solicitação inclinada

Vigas inclinadas			Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Entalhe nos Pilares para vigas inclinadas (Análise para a cortante)											
			base (m)	altura (m)	e (m) (profundidade)	Tipo de conexão relativa à Ac	Fator X	Área de Contato (m²)	Tensão no dente (MPa)	fcod (MPa)	fc90d	sen² (beta)	cos² (beta)	Capacidade máx de tensão do dente do entalhe fc beta d (Tensão atenuada) (Mpa)	Tensão excedente (MPa)	
1º Pavimento	Mão Francesa	P4 P5 P6	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Centralizada	0,9	0,00359	9,19	15,2	3,8	0,20	0,80	9,52	0,00	
		P7 P8 P9	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Centralizada	0,9	0,00359	9,30	15,2	3,8	0,20	0,80	9,52	0,00	
		Fachada Norte G	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Deslocada	0,87	0,00439	10,24	15,2	3,8	0,50	0,50	6,08	4,16	
		Fachada Norte P	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Deslocada	0,87	0,00405	9,35	15,2	3,8	0,41	0,59	6,79	2,56	
		Fachada Norte Janela	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00502	3,03	15,2	3,8	0,69	0,31	4,94	0,00	
		Fachada Sul	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00501	8,27	15,2	3,8	0,69	0,31	4,95	3,32	
		Fachada Sul Janela	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Deslocada	0,87	0,0056	3,39	15,2	3,8	0,69	0,31	4,94	0,00	
		Fachada Leste Térreo MF sup	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,0025	9,71	15,2	3,8	0,69	0,31	4,95	4,76	
		Fachada Leste Térreo cruz	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,0019	5,94	15,2	3,8	0,47	0,53	6,35	0,00	
		Fachada Oeste Térreo MF sup	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,0025	8,07	15,2	3,8	0,69	0,31	4,95	3,12	
		Fachada Oeste Térreo cruz	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,0019	7,56	15,2	3,8	0,47	0,53	6,35	1,22	
		Varanda	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Centralizada	0,95	0,00339	4,98	15,2	3,8	0,75	0,25	4,68	0,31	
		Escada considerada isoladamente	1a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00278	0,18	15,2	3,8	0,75	0,25	4,68	0,00
			2a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00278	0,29	15,2	3,8	0,75	0,25	4,68	0,00
3a viga (baixo pra cima)	0,05		0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00278	0,11	15,2	3,8	0,75	0,25	4,68	0,00		
Primárias	Bordas	Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,6	0,01229	0,46	15,2	3,8	0,99	0,01	3,82	0,00	
		Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,6	0,01229	0,75	15,2	3,8	0,99	0,01	3,82	0,00	
		Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,6	0,01229	0,26	15,2	3,8	0,99	0,01	3,82	0,00	
		Oeste 01 P3-P6	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,6	0,01229	0,60	15,2	3,8	0,99	0,01	3,82	0,00	
		Oeste 02 P6-P9	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,6	0,01229	0,85	15,2	3,8	0,99	0,01	3,82	0,00	
		Oeste 03 P9-P12	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,6	0,01229	0,28	15,2	3,8	0,99	0,01	3,82	0,00	
Secundárias	sem clariboia	0,1	0,15													
	recebe clariboia	0,1	0,15													
Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00293	8,70	15,2	3,8	0,10	0,90	11,77	0,00		
	P4 P5 P6 esquerda	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Centralizada	0,9	0,00361	3,94	15,2	3,8	0,21	0,79	9,39	0,00		
	P7 P8 P9 esquerda	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Centralizada	0,9	0,00352	5,03	15,2	3,8	0,17	0,83	10,16	0,00		
	P7 P8 P9 direita 01	0,1	0,15	0,0357	Base 10 Centralizada	0,9	0,00606	3,03	15,2	3,8	0,72	0,28	4,81	0,00		
	P7 P8 P9 direita 02	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Centralizada	0,95	0,0064	1,02	15,2	3,8	0,72	0,28	4,81	0,00		
	Fachada Norte	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00394	10,49	15,2	3,8	0,50	0,50	6,08	4,41		
	Fachada Sul	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00394	8,28	15,2	3,8	0,50	0,50	6,08	2,20		
	Fachada Leste	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00394	3,56	15,2	3,8	0,50	0,50	6,08	0,00		
	Fachada Oeste	0,05	0,15	0,0357	Base 5 Deslocada	0,78	0,00394	3,50	15,2	3,8	0,50	0,50	6,08	0,00		
	Não tem entalhe															

Fonte: Autoria própria



A última coluna, representantes da carga que ainda deve ser absorvida pelas ligações metálicas, agora existem células em verde claro, com valores nulos. Isso significa que a tensão atenuada pelo entalhe foi o suficiente para conter o esforço cortante na ligação.

Outra observação interessante de destacar, apesar de não ter uso nesse estudo, é que se caso essas ligações não possuíssem tração, outras ligações metálicas poderiam ser dispensadas com a utilização de dois dentes. A mão francesa intitulada como “Fachada Sul” (antepenúltima de baixo para cima) é uma delas. Note que a capacidade máxima de tensão do dente do entalhe é de 6,08 MPa, enquanto o dente único absorve 10,76 kN. Como  $2 \cdot 6,08 \geq 10,76$  (kN), com alguns outros detalhes a serem considerados, um dente duplo para essa viga específica poderia ser suficiente para acomodar as cargas apresentadas.

Com a tensão excedente após o uso do entalhe, deve ser feita outra tabela de taxa solicitação/resistência, porém agora com os valores de cortante da última coluna da última tabela. Segue abaixo os resultados.

Tabela 74 – Taxa Solicitação/Resistência à esforços cortantes considerando entalhes nas solicitações inclinadas

Vigas inclinadas			Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Taxa Solicitação/Resistência à Cortante do Suporte de Viga CONSIDERANDO ENTALHES										OBS			
					tipo Asa Interna				cavilhas autoperforantes SBD									
					40*110	100*110	100*140	140*140	120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320				
1º Pavimento	Mão Francesa	P4 P5 P6	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	todas essas vigas que tiveram seus valores alterados devido entalhe	Vigas que sofrem tração		
		P7 P8 P9	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		Fachada Norte G	0,1	0,15	1,40	0,74	0,64	0,64	0,91	0,49	0,34	0,24	0,18	0,14			0,09	
		Fachada Norte P	0,1	0,15	0,86	0,45	0,40	0,40	0,56	0,30	0,21	0,14	0,11	0,09			0,00	
		Fachada Norte Janela	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	
		Fachada Sul	0,05	0,15	1,11	0,59	0,51	0,51	0,72	0,39	0,27	0,19	0,15	0,11			0,00	
		Fachada Sul Janela	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	
		Fachada Leste Térreo MF sup	0,05	0,15	1,60	0,84	0,73	0,73	1,04	0,56	0,39	0,27	0,21	0,16			0,00	
		Fachada Leste Térreo cruz	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	
		Fachada Oeste Térreo MF sup	0,05	0,15	1,05	0,55	0,48	0,48	0,68	0,37	0,26	0,18	0,14	0,11			0,00	
		Fachada Oeste Térreo cruz	0,05	0,15	0,41	0,22	0,19	0,19	0,27	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04			0,00	
		Varanda	0,05	0,15	0,10	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01			0,00	
		Escada considerada isoladamente	1a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00
			2a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00
	3a viga (baixo pra cima)		0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
	Primárias	Bordas	Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
			Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
			Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
			Oeste 01 P3-P6	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
			Oeste 02 P6-P9	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
			Oeste 03 P9-P12	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
		Secundárias	sem clariboia	0,1	0,15	2,43	1,28	1,12	1,12	1,58	0,86	0,60	0,41	0,32		0,25		
			recebe clariboia	0,1	0,15	2,66	1,40	1,22	1,22	1,73	0,94	0,66	0,45	0,35		0,27		
			P4 P5 P6 direita	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00		
	Mão Francesa	P4 P5 P6 esquerda	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		P7 P8 P9 esquerda	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		P7 P8 P9 direita 01	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
P7 P8 P9 direita 02		0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Fachada Norte		0,05	0,15	1,48	0,78	0,68	0,68	0,96	0,52	0,36	0,25	0,19	0,15					
Fachada Sul		0,05	0,15	0,74	0,39	0,34	0,34	0,48	0,26	0,18	0,12	0,10	0,08					
Fachada Leste		0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					
Fachada Oeste		0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00					

Fonte: Autoria própria

Novamente, atentar à diferença entre essa tabela e a tabela 72.

Segue a mesma análise para o esforço de tração.

Tabela 75 – Tabela de taxa solicitação/resistência relacionada à tração.

Vigas inclinadas			Esforço de Tração perpendicular ao apoio principal	Taxa Solicitação/Resistência à Tração do Suporte de Viga						
				cavilhas autoperfurantes SBD						
				120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	
1º Pavimento	Mão Francesa	P4 P5 P6	9,1	1,12	0,71	0,52	0,41	0,39	0,29	
		P7 P8 P9	8,9	1,09	0,69	0,51	0,40	0,38	0,28	
		Fachada Norte G	14,6	1,78	1,13	0,83	0,66	0,62	0,46	
		Fachada Norte P	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Fachada Norte Janela	6,6	0,80	0,51	0,37	0,30	0,28	0,21	
		Fachada Sul	4,7	0,57	0,36	0,27	0,21	0,20	0,15	
		Fachada Sul Janela	12,4	1,51	0,96	0,71	0,56	0,53	0,39	
		Fachada Leste Térreo MF sup	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Fachada Leste Térreo cruz	9,5	1,16	0,74	0,54	0,43	0,40	0,30	
		Fachada Oeste Térreo MF sup	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Fachada Oeste Térreo cruz	8,8	1,07	0,68	0,50	0,40	0,37	0,28	
		Varanda	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Escada considerada isoladamente	1a viga (baixo pra cima)	0,7	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02
	2a viga (baixo pra cima)	0,7	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02		
3a viga (baixo pra cima)	0,3	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01			
Cobertura	Primárias	Bordas	Leste 01 P1-P4	2,9	0,35	0,22	0,16	0,13	0,12	0,09
			Leste 02 P4-P7	4,8	0,58	0,37	0,27	0,22	0,20	0,15
			Leste 03 P7-P10	5,7	0,69	0,44	0,32	0,26	0,24	0,18
			Oeste 01 P3-P6	2,5	0,30	0,19	0,14	0,11	0,11	0,08
			Oeste 02 P6-P9	4,0	0,49	0,31	0,23	0,18	0,17	0,13
			Oeste 03 P9-P12	4,9	0,60	0,38	0,28	0,22	0,21	0,15
	Secundárias	sem clariboia	0,3	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	
	recebe clariboia	0,4	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01		
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		P4 P5 P6 esquerda	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		P7 P8 P9 esquerda	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		P7 P8 P9 direita 01	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		P7 P8 P9 direita 02	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Fachada Norte	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Fachada Sul	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Fachada Leste	2,1	0,26	0,16	0,12	0,10	0,09	0,07	
Fachada Oeste		3,5	0,43	0,27	0,20	0,16	0,15	0,11		

Fonte: Autoria própria

Aqui pode ser visto uma certa folga nos esforços. Isso se deve ao ângulo que os elementos possuem entre si, que atenua a tração máxima do componente inclinado.

Agora as tabelas finais lado a lado, para se escolher as ligações a serem utilizadas.



Tabela 76 – Tabelas relativas à tração e cortantes lado a lado, a fim de se determinar quais ligações utilizar.

Vigas inclinadas			Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Taxa Solicitação/Resistência à Tração do Suporte de Viga						Taxa Solicitação/Resistência à Cortante do Suporte de Viga CONSIDERANDO ENTALHES						OBS								
			base (m)	altura (m)	cavilhas autoperfurantes SBD						tipo Asa Interna			cavilhas autoperfurantes SBD											
					120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	40*110	100*110	100*140	140*140	120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320					
1º Pavimento	Mão Francesa	P4 P5 P6	0,1	0,15	1,12	0,71	0,52	0,41	0,39	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	todas essas vigas que tiveram seus valores alterados devido entalhe	Vigas que sofrem tração			
		P7 P8 P9	0,1	0,15	1,09	0,69	0,51	0,40	0,38	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00		
		Fachada Norte G	0,1	0,15	1,78	1,13	0,83	0,66	0,62	0,46	1,40	0,74	0,64	0,64	0,91	0,49	0,34	0,24	0,18	0,14			0,14		
		Fachada Norte P	0,1	0,15	Não possui tração						0,86	0,45	0,40	0,40	0,56	0,30	0,21	0,14	0,11	0,09			0,00	0,00	
		Fachada Norte Janela	0,05	0,15	0,80	0,51	0,37	0,30	0,28	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	
		Fachada Sul	0,05	0,15	0,57	0,36	0,27	0,21	0,20	0,15	1,11	0,59	0,51	0,51	0,72	0,39	0,27	0,19	0,15	0,11			0,11	0,00	
		Fachada Sul Janela	0,1	0,15	1,51	0,96	0,71	0,56	0,53	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	
		Fachada Leste Térreo MF sup	0,05	0,15	Não possui tração						1,60	0,84	0,73	0,73	1,04	0,56	0,39	0,27	0,21	0,16			0,00	0,00	
		Fachada Leste Térreo cruz	0,05	0,15	1,16	0,74	0,54	0,43	0,40	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	
		Fachada Oeste Térreo MF sup	0,05	0,15	Não possui tração						1,05	0,55	0,48	0,48	0,68	0,37	0,26	0,18	0,14	0,11			0,00	0,00	
		Fachada Oeste Térreo cruz	0,05	0,15	1,07	0,68	0,50	0,40	0,37	0,28	0,41	0,22	0,19	0,19	0,27	0,14	0,10	0,07	0,05	0,04			0,00	0,00	
		Varanda	0,05	0,15	Não possui tração						0,10	0,05	0,05	0,05	0,07	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01			0,00	0,00	
	Escada considerada isoladamente	1a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00		
		2a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,08	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00		
		3a viga (baixo pra cima)	0,05	0,15	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00		
	Cobertura	Primárias	Bordas	Leste 01 P1-P4	0,05	0,15	0,35	0,22	0,16	0,13	0,12	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
				Leste 02 P4-P7	0,05	0,15	0,58	0,37	0,27	0,22	0,20	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
				Leste 03 P7-P10	0,05	0,15	0,69	0,44	0,32	0,26	0,24	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00
Oeste 01 P3-P6				0,05	0,15	0,30	0,19	0,14	0,11	0,11	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
Oeste 02 P6-P9				0,05	0,15	0,49	0,31	0,23	0,18	0,17	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Oeste 03 P9-P12				0,05	0,15	0,60	0,38	0,28	0,22	0,21	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
		sem clariboia	0,1	0,15	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	2,43	1,28	1,12	1,12	1,58	0,86	0,60	0,41	0,32	0,25	0,00	0,00			
		recebe clariboia	0,1	0,15	0,05	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	2,66	1,40	1,22	1,22	1,73	0,94	0,66	0,45	0,35	0,27	0,00	0,00			
Mão Francesa		P4 P5 P6 direita	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		P4 P5 P6 esquerda	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		P7 P8 P9 esquerda	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		P7 P8 P9 direita 01	0,1	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		P7 P8 P9 direita 02	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		Fachada Norte	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		Fachada Sul	0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
		Fachada Leste	0,05	0,15	0,26	0,16	0,12	0,10	0,09	0,07	1,48	0,78	0,68	0,68	0,96	0,52	0,36	0,25	0,19	0,15	0,08	0,00			
		Fachada Oeste	0,05	0,15	0,74	0,39	0,34	0,34	0,48	0,26	0,18	0,12	0,10	0,10	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
				0,05	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
			0,05	0,15	0,43	0,27	0,20	0,16	0,15	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00				
																					0,00				

Fonte: Autoria própria



E por último, os esforços laterais, que só acontecem nas vigas terciárias da cobertura, devido à uma inclinação leve de 5°. Utilizando seno e cosseno do ângulo, se determina os esforços verticais e laterais. Depois basta conferir se está de acordo com os valores expressos na tabela 63.

Tabela 77 – Esforços solicitantes das vigas terciárias relativas à cortante horizontal e lateral

Vigas inclinadas transversalmente			Dados relacionados ao dimensionamento até agora		Inclinação transversal (graus)	cos ângulo	sen ângulo	Esforço Cortante nas ligações (kN)	Ryd	RlatD
			base (m)	altura (m)						
Cobertura	Terciárias	1	0,05	0,15	5	0,996	0,087	1	0,996	0,087
		2	0,05	0,15	5	0,996	0,087	1	0,996	0,087
		3	0,05	0,15	5	0,996	0,087	1	0,996	0,087
		4	0,05	0,15	5	0,996	0,087	1	0,996	0,087
		sem clariboia	0,05	0,15	5	0,996	0,087	1	0,996	0,087
		com clariboia	0,05	0,15	5	0,996	0,087	1,4	1,395	0,122

Fonte: Autoria própria

Os valores máximos, expressos pelo fabricante para cortante vertical é de 1,9 kN e do esforço lateral sendo 0,65 kN. Analisando os resultados da tabela 77, esse quesito não apresenta problemas.

Agora, foram agrupadas as vigas por pavimento, presença ou não de inclinação e o tipo de inclinação, suas dimensões e dimensão da ligação metálica. Isso se fez por dois motivos. O primeiro motivo é a de organizar as estruturas a fim de realizar a contagem de cada tipo de ligação metálica e o segundo motivo é o ajuste da madeira para encaixar de maneira devida na ligação, com as dimensões recomendadas pelo fabricante das ligações.





Tabela 78 – Tabela de organização e contagem das ligações metálicas presentes nas vigas horizontais

Vigas horizontais do 2º Pavimento	Dimensões da viga calculada até agora (cm)	Ligação do tipo Cavilhas Autoperfurantes SBD						Ligação do tipo estribo metálico com asa interna				
		dimensões (mm)						dimensões (mm)				
		120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	40*110	100*110	100*140	140*140	
5*15	Leste 02 P4 P7	Leste 01 P1 P4						P5 P8	Secund 2,40m sem carga adicional	Especial 2.2		
	Oeste 01 P3 P6	Leste 03 P7 P10						Pri Interna do vão da Escada	Especial 2.1			
		Oeste 03 P9 P12						Secund 1,80m sem parede	Especial 2.3			
								todas as terciárias do 1o pav	Secund 1,8m com parede			
								Terciária da varanda	Borda de 1,3m da varanda			
								Secund da varanda				
10*15	Oeste 02 P6 P9		Especial 1	Norte 02 P13 P14		Norte 03 P14-P3			P8 Borda Sul			
						Sul 01 P10 P11		Secund 2,4m com parede meio				
15*15			2,40m que recebe especial			Norte 01 P1 P13						P5 Borda Norte
			secund 2,4m esquerda									
15*20			secund 2,4m direita									P4 P5
Qtidade	6	6	8	2	0	8	93	48	6	6		P7 P8

Vigas horizontais do Cobertura	Dimensões da viga calculada até agora (cm)	Ligação do tipo Cavilhas Autoperfurantes SBD						Ligação do tipo estribo metálico com asa interna				
		dimensões (mm)						dimensões (mm)				
		120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	40*110	100*110	100*140	140*140	
5*15												
10*15				Sul 01 P10 P11					P5 P6			
				Sul 02 P11 P12					P8 P9			
15*15												
15*20												P4 P5
Qtidade	0	0	0	4	0	4	0	4	0	4		P7 P8

Fonte: Autoria própria

Tabela 79 - Tabela de organização e contagem das ligações metálicas presentes nas vigas inclinadas

Vigas inclinadas do 2º Pavimento	Dimensões da viga calculada até agora (cm)	Ligação do tipo Cavilhas Autoperfurantes SBD						Ligação do tipo estribo metálico com asa interna					
		dimensões (mm)						dimensões (mm)					
		120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	40*110	100*110	100*140	140*140		
5*15	MF Fachada Norte Janela		MF Fachada Leste										
	MF fachada oeste térreo		MF Fachada Leste										
	MF sup		Térreo Sup										
	MF varanda		MF Fachada Leste										
	Escada 1a viga		Térreo cruz										
	escada 2a viga		Fachada oeste										
	escada 3a viga		terreo cruz										
	10*15	MF Fachada Norte P		Fachada Sul Janela									
		MF Fachada Norte G											
		MF Fachada Sul											
	15*15												
	15*20												
	Qtidade	32	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Vigas inclinadas da Cobertura	Dimensões da viga calculada até agora (cm)	Ligação do tipo Cavilhas Autoperfurantes SBD						Ligação do tipo estribo metálico com asa interna					
		dimensões (mm)						dimensões (mm)					
		120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	40*110	100*110	100*140	140*140		
5*15	Leste 01 P1-P4												
	Leste 02 P4-P7												
	Leste 03 P7-P10												
	Oeste 01 P3-P6												
	Oeste 02 P6-P9												
	Oeste 03 P9-P12												
	MF P4 P5 P6 direita												
	MF P4 P5 P6 esquerda												
	MF P7 P8 P9 direita 02												
	MF Fachada Leste												
	MF Fachada Oeste												
10*15	MF P4 P5 P6 esquerda		Secund sem										
	MF P7 P8 P9 esquerda		claraboia										
	MF P7 P8 P9 direita 01		Secund com										
			claraboia										
15*15	MF Fachada Norte												
	MF Fachada Sul												
	MF P4 P5 P6 esquerda												
	15*20												
	Qtidade	56	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: Autoria própria

Tabela 80 - Tabela de organização e contagem das ligações metálicas presentes nas vigas inclinadas transversalmente

Vigas inclinadas transversalmente da Cobertura	Dimensões da viga calculada até agora (cm)	Ligação do tipo Cavilhas Autoperfurantes SBD						Ligação do tipo estribo metálico com asa interna			
		dimensões (mm)						dimensões (mm)			
		120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	40*110	100*110	100*140	140*140
5*15											
10*15											
15*15											
15*20											
Qtidade								144			

Tabela 81 – Quantitativo final de cada tipo de ligação metálica

Modelo de ligação	Ligação do tipo Cavilhas Autoperfurantes SBD						Ligação do tipo estribo metálico com asa interna			
	dimensões (mm)						dimensões (mm)			
	120*120	120*160	120*200	120*240	120*280	120*320	40*110	100*110	100*140	140*140
Qtidade TOTAL	94	68	8	6	0	12	237	52	6	10



Como mencionado, as dimensões das vigas e das ligações metálicas não são 100% compatíveis. Isso significa que alterações às vigas nas ligações serão necessárias. Essas alterações incluem adição de trechos dos segmentos utilizados para as vigas, que são retangulares na dimensão 5 x 15 cm.

Essa estratégia usa do conceito que foi atualizado na ABNT NBR 7190:2022, que diz “[...] as peças compostas por elementos justapostos solidarizados continuamente podem ser consideradas como se fossem peças maciças [...]”.

Será visto então ilustrações das configurações que atendem as dimensões mínimas do fornecedor. Para as figuras 87 e 88, foram utilizadas a tabela 78, 79 e 80 como base. Note que as linhas e colunas representam as mesmas combinações de dados.



Figura 87 – Disposição dos elementos da viga na região da ligação metálica

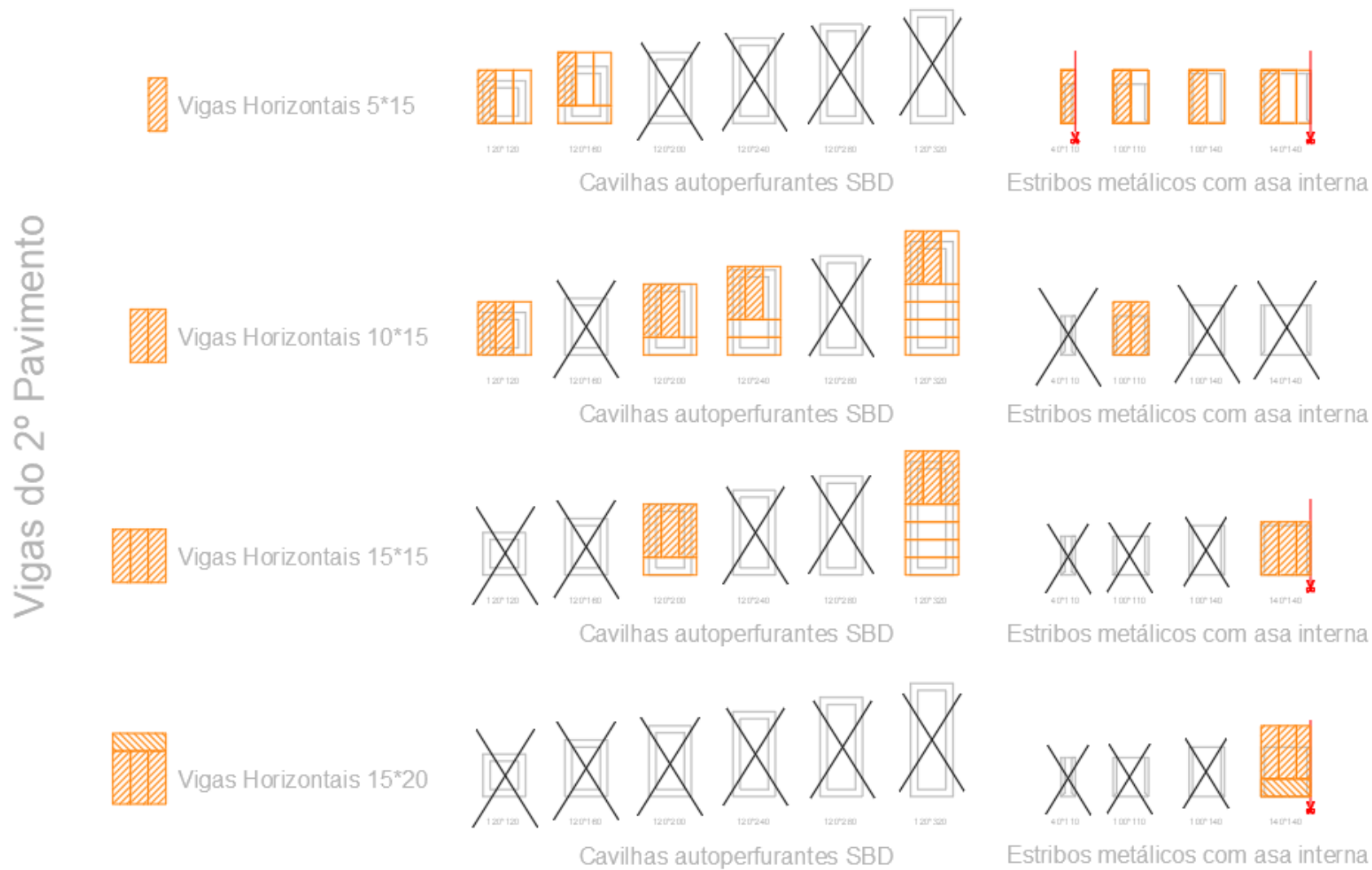
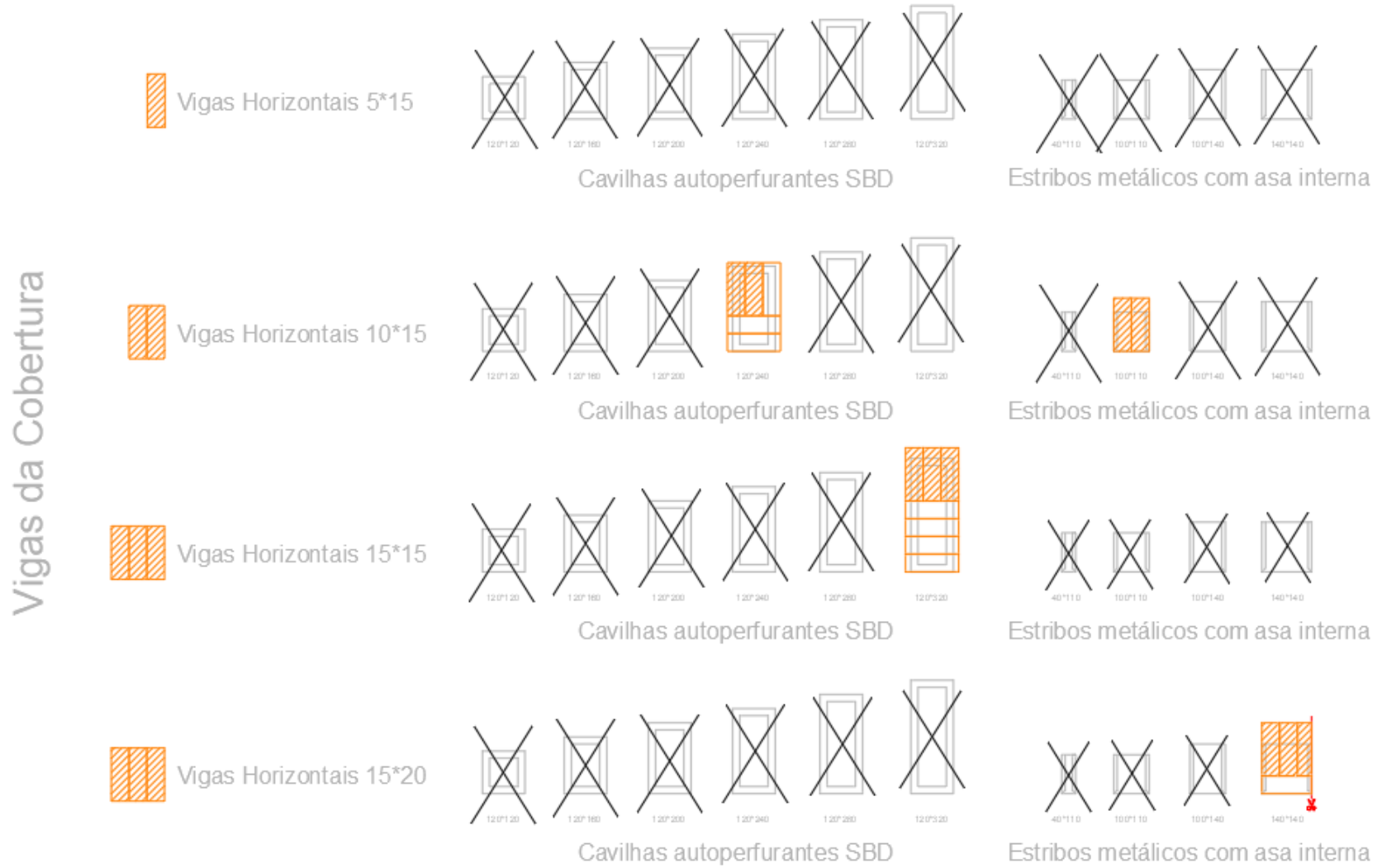


Figura 88 - Disposição dos elementos da viga na região da ligação metálica





A cor laranja representa as peças de madeira de 5 x 15 cm. A mesma possui duas configurações, uma hachurada e outra sem hachura. A hachura representa a peça que foi dimensionada e verificada. Os retângulos não hachurados representam as peças adicionais que serão adicionadas na região da ligação para garantir que as especificidades do fabricante sejam atendidas.

Destaca-se que as profundidades dos entalhes nos pilares tinham sido calculadas para 2 cm. Uma profundidade de 2 cm no pilar redondo, gera uma superfície reta plana, que serve de apoio para a ligação, porém essa superfície não tem, na dimensão horizontal, 15 cm. Isso gera um problema, por que agora as vigas com base de 15 cm, não tem mais contato pleno com a superfície reta do pilar. A solução foi aumentar a profundidade do entalhe, pois assim aumenta também a dimensão horizontal. Com uma profundidade de 3,57 cm, se tem espaço suficiente para vigas com 15 cm de lado para terem contato pleno com o pilar. Foi feita essa correção para todos os elementos que se conectam com pilares. O correto seria refazer a análise de transferência de forças em solicitações horizontais também, pois fazendo isso, com maior superfície disponível, mais carga seria absorvida, diminuindo o excedente que deve ser contido pelas ligações metálicas e podendo até diminuir as dimensões das peças necessárias para aguentar os esforços. Essa observação porém, só é válida no quesito de cortante. Isso significa que, sim para esse quesito, as ligações metálicas poderiam ser menores. Porém, como também foi visto, a escolha de uma ligação metálica precisa atender, ambos quesitos de tração e cortante. E como pode ser visto nas tabelas 70 e 76, o quesito tração, para as vigas horizontais, é a mais exigente. Então essa análise extra não traria diferença. Por esse motivo, não será feito isso. Uma generalização será feita no lugar. Agora, todos os entalhes terão profundidade 0,0357 m de profundidade. Essa é uma atitude que age em prol da segurança.

#### **4.7.4 Conexões singulares**

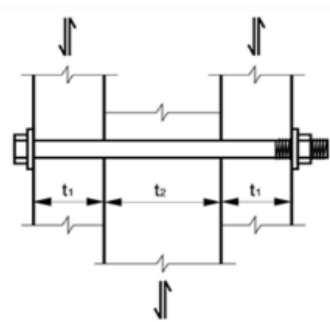
##### *4.7.4.1 Espaçamentos dos Parafusos Passantes nas Peças Compostas e das Vigas Vagonadas*

No tópico de peças compostas continuamente, a norma brasileira não menciona peças onde não existe forças de corte dos elementos metálicos gerados por forças em sentidos opostos nas peças de madeira. Como o objetivo das peças compostas é somente garantir união das peças com seção 5x15 cm para formar outras combinações de seção, será utilizado o espaçamento mínimo de peças onde há forças em sentidos opostos.

Já para as vigas vagonadas, a norma explicitamente demonstra como devem ser feitas as considerações dessa ligação. Vale destacar que esse estudo somente irá abordar o dimensionamento da viga vagonada relacionada às considerações da norma de madeira, ou seja, tudo referente a viga vagonada, porém que são assuntos da área de estruturas metálicas não serão calculadas.

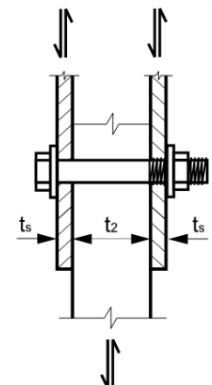
Segue duas imagens retiradas da ABNT NBR 7190:2022, que mostram as situações mencionadas no parágrafo anterior.

Figura 89 – Ligação de elementos de madeira com parafusos passantes com porca e arruelas.



Fonte: ABNT NBR 7190-1:2022

Figura 90 – Ligação de elementos de madeira e aço com parafusos passantes



Fonte: ABNT NBR 7190-1:2022

Sobre os espaçamentos, a norma dita o cálculo dos espaçamentos mínimos de acordo com a tabela a seguir.

Tabela 82 - Espaçamentos e distâncias mínimas para ligações com pinos metálicos

Espaçamento ou distância	Ângulo $\alpha$	Pregos com pré-furação	Parafusos passantes, parafusos de rosca soberba e parafusos ajustados	Pinos lisos
Espaçamento $a_1$ (paralelo às fibras)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(4 + 3  \cos \alpha ) d$	$(4 + 3  \cos \alpha ) d$	$(3 + 3  \cos \alpha ) d$
Espaçamento $a_2$ (perpendicular às fibras)	$0^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	$(3 + 6  \sin \alpha ) d$	4 d	3 d
Distância $a_{3,t}$ (extremidade carregada)	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$(7 + 5  \cos \alpha ) d$	Maior entre 7 d e 80 mm	Maior entre 7 d e 80 mm
Distância $a_{3,c}$ (extremidade não carregada)	$90^\circ \leq \alpha < 150^\circ$ $150^\circ \leq \alpha < 210^\circ$ $210^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$	7 d 7 d 7 d	$(1 + 6 \sin \alpha) d$ 4 d $(1 + 6  \sin \alpha ) d$	Maior entre $[(a_{3,t}  \sin \alpha ) d]$ e d 3d Maior entre $[(a_{3,t}  \sin \alpha )] d$ e d
Distância $a_{4,t}$ (borda lateral carregada)	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	Para $d < 5$ mm: $(3 + 2 \sin \alpha) d$ Para $d \geq 5$ mm: $(3 + 4 \sin \alpha) d$	Maior entre $(2 + 2 \sin \alpha) d$ e 3 d	Maior entre $(2 + 2 \sin \alpha) d$ e 3 d
Distância $a_{4,c}$ (borda lateral não carregada)	$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$	3 d	3 d	3 d

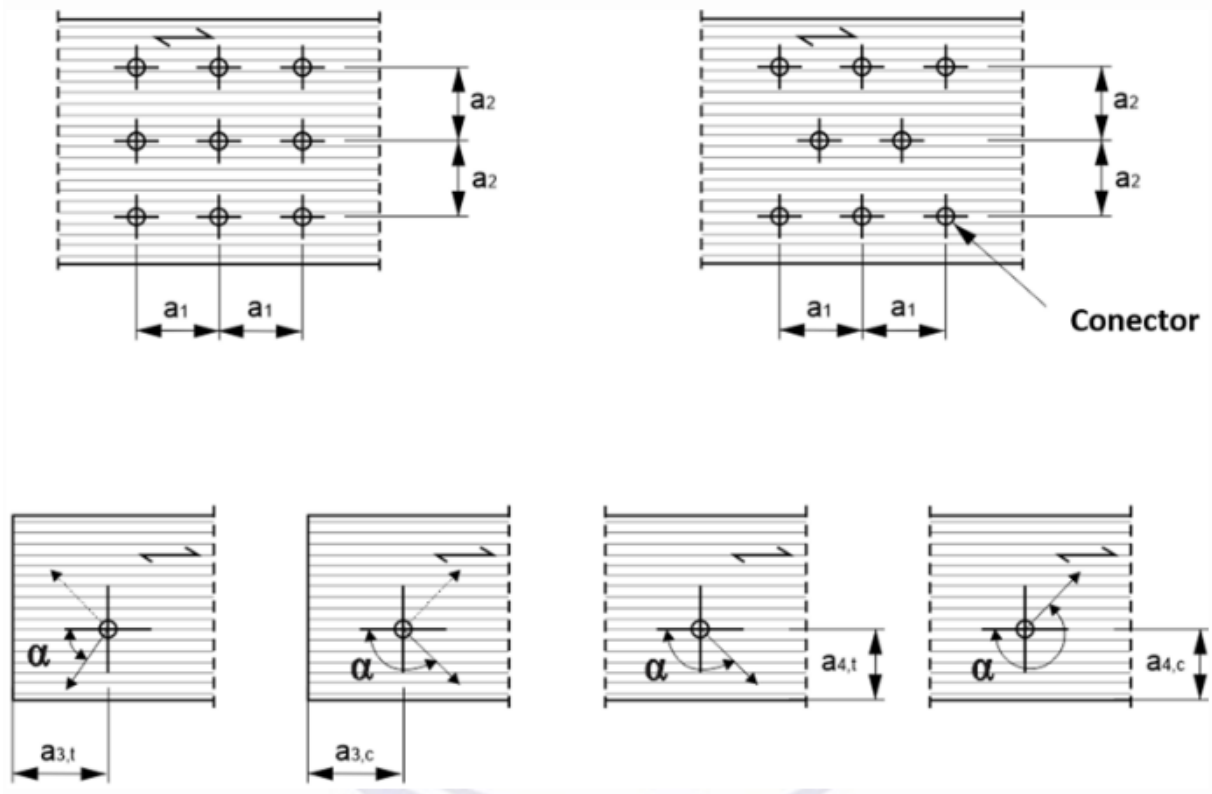
Fonte: ABNT 7190

Sendo que:

- $a_1$  é o espaçamento entre o centro de dois conectores situados em uma mesma linha paralela à direção das fibras;
- $a_2$  é o espaçamento entre os centros de dois conectores situados em duas linhas perpendiculares à direção das fibras;
- $a_{3,c}$  é a distância do centro do conector à extremidade não carregada da peça;
- $a_{3,t}$  é a distância do centro do conector à extremidade carregada da peça;
- $a_{4,c}$  é a distância do centro do conector à borda lateral não carregada da peça;
- $a_{4,t}$  é a distância do centro do conector à borda lateral carregada da peça;
- $\alpha$  é o ângulo entre a força e a direção das fibras.

Segue uma imagem representativa:

Figura 91 - Espaços e distâncias mínimas para ligações com conectores metálicos



Serão usados esses espaçamentos em duas situações:

- união de peças para formação de seção composta;
- vigas vagonadas.

Em ambos os casos, os coeficientes relevantes são  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_{3t}$  e  $a_{4t}$ . Isso porque não existem extremidades de elementos estruturais em que não haja carregamento.

Será considerado um parafuso passante de 40 cm de comprimento e com 10mm de diâmetro. Para as análises das vigas horizontais, segue a tabela com os espaçamentos exigidos por norma.

Para todos os elementos estruturais formado por seção composta, será considerado nas equações  $\text{sen}(\alpha) = 1$  e  $\text{cos}(\alpha) = 1$ , sempre que aparecerem nas equações. Com isso, a análise das estruturas é simplificada e universal, independente da inclinação da mesma.

Tabela 83 - Espaçamentos mínimos para parafusos passantes.

Dados		espaçamentos mínimos								
diâmetro d (mm)	seno(alfa) = cos(alfa)	a1 (mm)	a2 (mm)	a3t (1) (mm)	a3t (2) (mm)	a3c (1) (mm)	a3c (2) (mm)	a4t (1) (mm)	a4t (2) (mm)	a4c (mm)
10	1	70	40	70	80	70	40	40	30	30

Fonte: Autoria própria.

Os valores mínimos a serem utilizados serão:

- distância horizontal mínima entre parafusos passantes: 7 cm
- distância horizontal mínima entre parafusos e extremidade: 8 cm
- distância vertical mínima entre parafusos passantes: 4 cm
- distância vertical mínima entre parafusos e extremidade: 4 cm

#### 4.7.4.2 Resistência característica de Ligações de Elementos de Madeira e Aço com Pinos Metálicos e Madeira-Madeira com Pregos

A resistência de ligações com parafusos passantes com chapas de aço laterais ou chapa de aço central deve ser obtida conforme a ABNT NBR 7190-5. No caso de impossibilidade de realização do ensaio padronizado, pode-se estimar a resistência característica da ligação por:

$$R_k = F_{V,Rk} * n_{sp} * n_0 \quad (56)$$

Onde:

- $n_{sp}$  é a quantidade de seções de corte por pino metálico;
- $n_0$  é o número efetivo de pinos por ligação;
- $F_{V,Rk}$  é a resistência característica de um pino, correspondente a uma dada seção de corte.

A ABNT NBR 7190 (2022, p.61) faz a seguinte classificação: “Chapas de aço com espessura menor ou igual a 0,5 d são classificadas como chapas finas e chapas com espessura maior ou igual a d e diâmetro de pré-furação menor ou igual a 1,1 d são classificadas como chapas grossas.”. As chapas serão consideradas grossas que de

acordo com a dimensão do parafuso passante que está sendo usado nos cálculos, possuirá espessura de 10 mm.

Para calcular a resistência característica do pino, medida em Newton, devem ser usadas as seguintes equações, sendo que o valor a ser considerado será a que possuir menor valor.

$$F_{V,Rk}(1) = 0,5 * f_{e,2k} * t_2 * d \quad (57)$$

$$F_{V,Rk}(2) = 1,15 * [\sqrt{2 * M_{y,Rk} * f_{e,2k} * d}] + F_{ax,Rk}/4 \quad (58)$$

$$F_{V,Rk}(3) = 2,30 * [\sqrt{M_{y,Rk} * f_{e,2k} * d}] + F_{ax,Rk}/4 \quad (59)$$

As equações (53) e (54) exigem o conhecimento das seguintes equações:

$$M_{y,Rk} = 0,3 * f_{u,k} * d^{2,6} \quad (60)$$

$$\rho_k = \rho_{med}/1,2 \quad (61)$$

$$f_{e,0k} = 0,082 * (1 - 0,01 * d) * \rho_k \text{ (em } N/mm^2) \quad (62)$$

$$f_{e,\alpha k} = \frac{f_{e,0k}}{k_{90} * (\text{sen}^2 \alpha + \text{cos}^2 \alpha)} \text{ (em } N/mm^2) \quad (63)$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 * d \quad (64)$$

Onde:

- $F_{V,Rk}$  é a resistência característica do pino
  - $F_{V,Rk}(1)$  pode ser usada para ligações com cortes duplos considerando tanto chapas finas quanto chapas grossas;

- $F_{V,Rk}(2)$  pode ser usada para ligações com cortes duplos considerando somente chapas finas;
- $F_{V,Rk}(2)$  pode ser usada para ligações com cortes duplos considerando somente chapas grossas;
- $t_2$  é a espessura do elemento de madeira central para os casos em corte duplo;
- $f_{e,2k}$  é a resistência ao embutimento do elemento de madeira, calculados conforme 7.1.3
- $F_{ax,Rk}$  é a contribuição do efeito de confinamento provocado pela compressão das arruelas nas laterais externas da ligação. Pode ser estimado pelo menor valor dentre a resistência de tração do parafuso e a resistência ao embutimento da arruela na madeira ( $f_{e,2k}$ ). Com o intuito de simplificar e não fugir do escopo do estudo do projeto, será utilizado a resistência ao embutimento;
- $M_{y,Rk}$  é o momento característico resistente do parafuso (N\*mm);
- $d$  é o diâmetro nominal do pino metálico conforme a ABNT NBR 8800, expresso em milímetros (mm)
- $f_{u,k}$  é a resistência última característica à tração do aço do pino metálico, conforme as ABNT NBR ISO 898-1, ASTM A-307, ASTM A-325, ASTM A-490 e ABNT NBR 5589, expressa em megapascal (MPa);
- $\rho_k$  é a densidade característica da madeira analisada;
- $\rho_{med}$  é a densidade média da madeira analisada;
- $f_{e,0k}$  é o valor característico da resistência ao embutimento, considerando pré-furação, que é caracterizado por um furo que possui no mínimo o diâmetro do parafuso passante  $d$  e no máximo  $d + 1 \text{ mm}$ ;
- $\alpha$  é o ângulo entre os pinos metálicos e as fibras da madeira;
- $k_{90}$  é o coeficiente adimensional a ser utilizado na equação (58).

Será utilizado de planilhas Excel para efetuar os cálculos recém vistos. Para a equação (55), será considerado  $f_{u,k} = 825 \text{ MPa}$  (ABNT NBR 7190-1:2022, p. 51). Nessa tabela, está sendo considerada a espessura da madeira na direção horizontal.

Tabela 84 - Planilha de cálculos para parafusos passantes de comprimento de 15 cm

Espessura da Madeira (mm)	d (mm)	k90	densidade média (kg/m³)	densidade característica (kg/m³)	fe0k (N/mm²)	alfa (graus)	fe(alfa)k (N/mm²)	fe2k = fe(alfa)k (N/mm²)	fuk (MPa)	Myrk (N*mm)	F(alfa)x,RK = fe2k (N/mm²)	F(alfa)x,RK /4 (N/mm²)	Chapa Finas e Grossas Fvrk (1) (kN)	Chapa Finas Fvrk (2) (kN)	Chapa Grossas Fvrk (3) (kN)
150	10	1,5	1000	833,33	61,5	0 ou 90, indiferente	41	41	825	98531,52	41	10,25	30,75	10,35	14,63

Fonte: Autoria própria.

Fazendo essa mesma conta, porém considerando a espessura vertical da peça de madeira, que no caso seria de 20 cm ou 200 mm, se obtém os seguintes valores:

Tabela 85 - Planilha de cálculos para parafusos passantes de comprimento de 20 cm

Espessura da Madeira (mm)	d (mm)	k90	densidade média (kg/m³)	densidade característica (kg/m³)	fe0k (N/mm²)	alfa (graus)	fe(alfa)k (N/mm²)	fe2k = fe(alfa)k (N/mm²)	fuk (MPa)	Myrk (N*mm)	F(alfa)x,RK = fe2k (N/mm²)	F(alfa)x,RK /4 (N/mm²)	Chapa Finas e Grossas Fvrk (1) (kN)	Chapa Finas Fvrk (2) (kN)	Chapa Grossas Fvrk (3) (kN)
200	10	1,5	1000	833,33	61,5	0 ou 90, indiferente	41	41	825	98531,52	41	10,25	41	10,35	14,63

Fonte: Autoria própria.

Nessa outra consideração, o  $F_{V,Rk}(1)$  aumenta, porém, a norma dita que deve ser escolhido o menor valor entre os permitidos da espessura que está sendo utilizada, no caso, de chapas grossas. Logo, o valor será o mesmo, de 14,63 kN.

As vigas vagonadas possuem os seguinte esforços horizontais na combinação ELU\*:

- cobertura do pórtico P4 P5 P6: 291,9 kN
- 1º pavto. Do pórtico P4 P5 P6: 235,2 kN
- cobertura do pórtico P7 P8 P9: 296,1 kN
- 1º pavto. Do pórtico P7 P8 P9: 217,2 kN

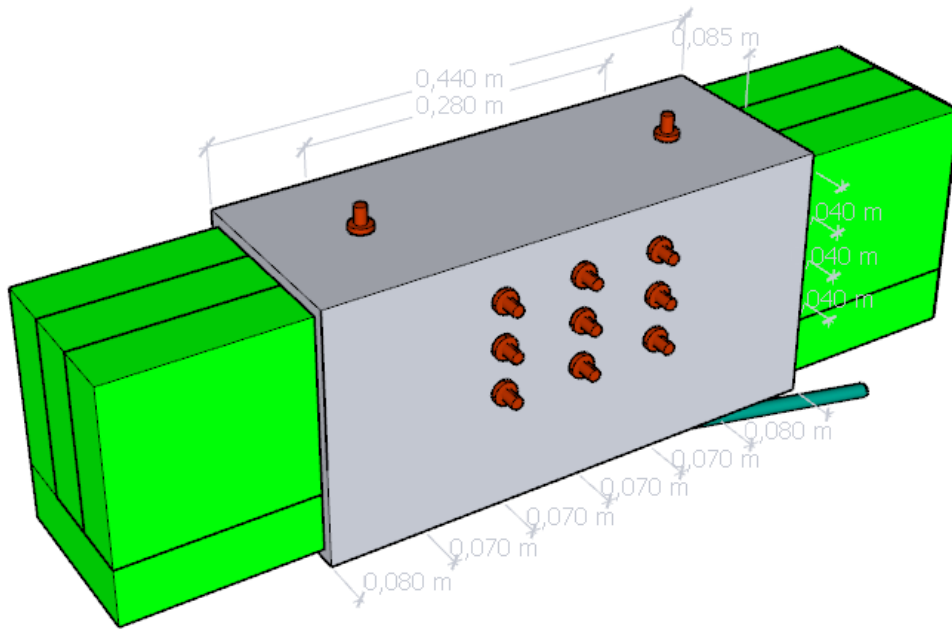
Foi utilizado o maior valor para a distribuição de esforço horizontal com a resistência característica  $F_{V,Rk}$  referente à chapas grossas. Nessas condições, são necessários 11 pinos. Essa quantidade deve ser posicionada de maneira adequada seguindo os espaçamentos mínimos vistos no capítulo anterior.

Segue uma imagem da disposição final dos parafusos passantes na viga vagonada. É importante ressaltar que a peça possui simetria em todos os seus eixos.



Vale destacar que os cálculos foram baseados em um parafuso passante teórico de 10 mm de diâmetro e 400 mm de comprimento.

Figura 92 - Camisa metálica com parafusos passantes



Fonte: Autoria própria

A maneira em que esse texto foi apresentado demonstra a cronologia das considerações do autor, ou seja, a ordem que cada etapa foi calculada está relativamente fiel à disposição dos capítulos do documento. O motivo dessa observação é que se foi observado uma incompatibilidade exatamente nessa etapa, causada pela camisa metálica. A mesma está numa região da viga que deveria receber uma outra viga de classificação inferior (viga secundária). Isso acarreta numa incompatibilidade que teria duas formas de serem resolvidas:

- reorganização das vigas pela laje, o que exigiria que todas as análises feitas até então fossem refeitas, com um arranjo estrutural das nervuras que não haja contato entre as nervuras e a camisa metálica;

- um projeto estrutural metálico específico para cada camisa metálica, em que cada camisa metálica fosse capaz de oferecer suporte às vigas secundárias.

Nenhuma das opções serão elaboradas por motivo de tempo, infelizmente. Segue com o documento e a prancha terá destacado dessa incompatibilidade.

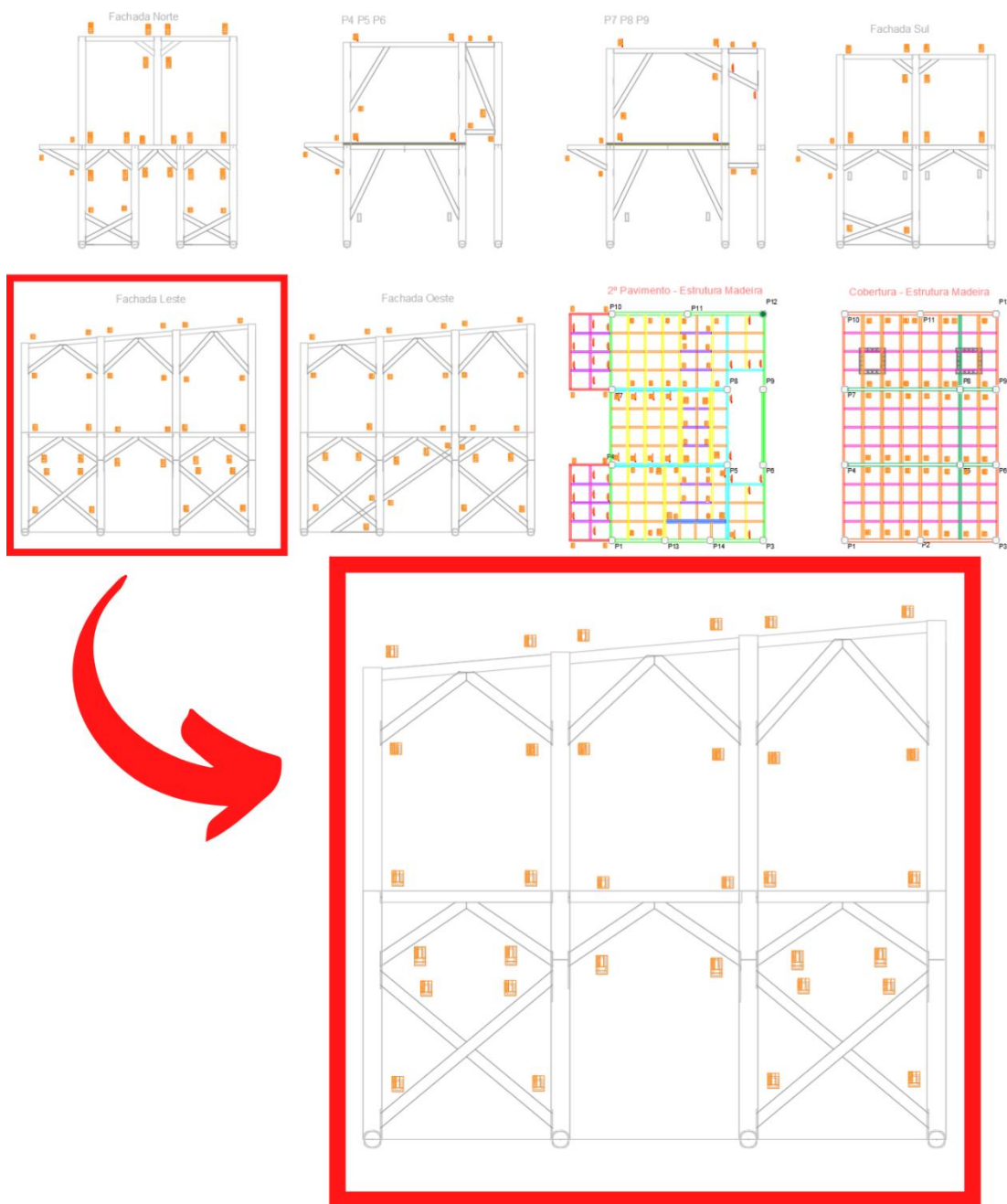
#### 4.7.4.3 Degraus da escada

A solução para a conexão dos degraus da escada com a barra inclinada foi de utilizar entalhes na barra com profundidade de 3,5cm. Considerando a cortante atuante em cada degrau e que cada degrau possui uma profundidade de 27 cm, as tensões tanto nos degraus quanto nas vigas são muito baixas, permitindo tal escolha. Seriam necessários somente pregos ou parafusos não estruturais apenas para garantir que o degrau não saia da posição. Mais detalhes dessa conexão nas pranchas de obra.

## 4.8 COMPATIBILIZAÇÃO

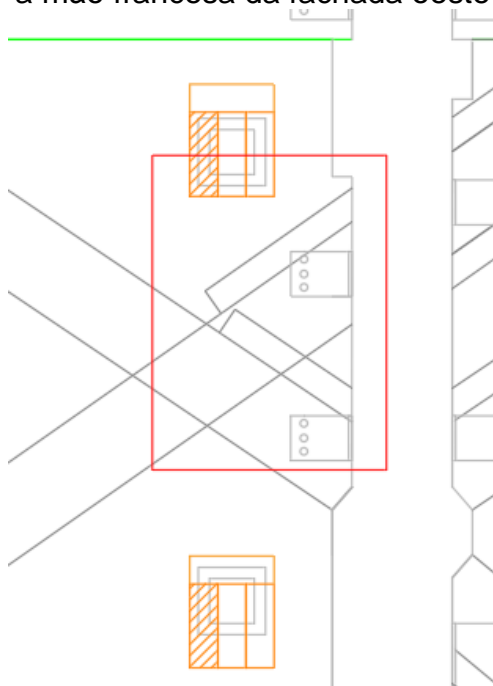
Essa etapa é importante, pois as peças até agora foram dimensionadas isoladamente, porém algumas delas entram em contato, como é o caso das de algumas mãos francesas e vigas. Esse contato precisa ser pleno, para não gerar excentricidade.

Figura 93 – Compatibilização das vigas inclinadas e horizontais



A figura 94 é um exemplo de uma incompatibilização da escada.

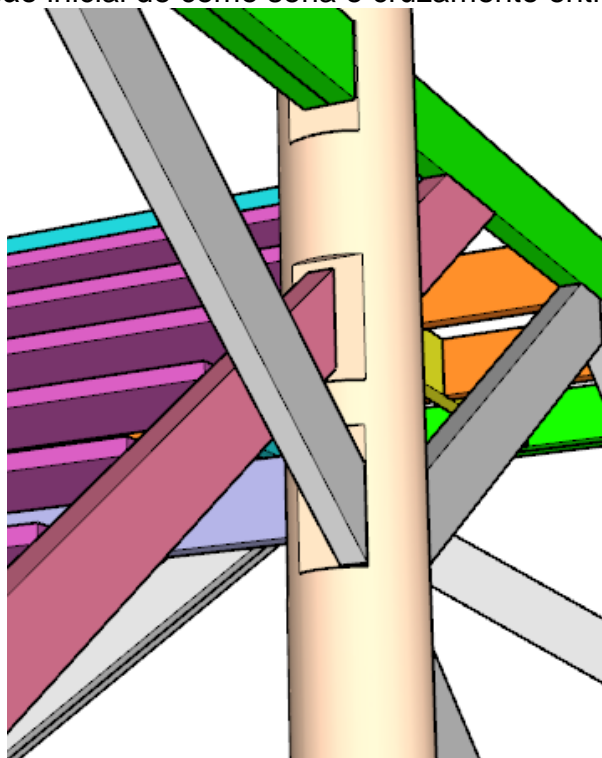
Figura 94 – Incompatibilização da viga inclinada da escada com a mão francesa da fachada oeste



O erro acontece devido ao reforço das ligações. No momento em que se adiciona peças de madeira para atender os requisitos do fabricante das ligações, as mesmas que antes estavam projetadas para somente se encostarem, porém sem reagir uma com a outra, agora não tem mais esse espaço para tal.

Segue uma imagem do planejamento inicial.

Figura 95 - Visão inicial de como seria o cruzamento entre as duas vigas



#### 4.8.1 Correção da escada

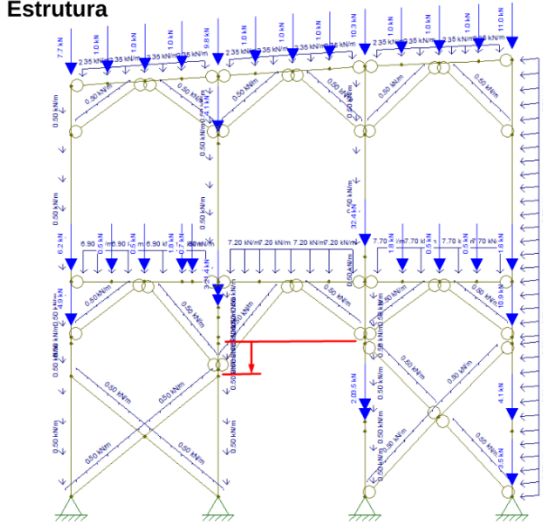
A correção da escada será feita de maneira simples. As mãos francesas e as vigas de reforço em formato de cruz, que estão demasiadamente próximas da ligação da viga da escada com o Pilar P9, serão rebaixadas na direção vertical em 50 cm. Isso proverá espaço suficiente para todas as vigas e seus reforços.

É claro que isso acarreta numa mudança que afeta a estrutura como um todo. Foi feita então uma análise do Pórtico da Fachada Oeste, considerando os dois sentidos de ventos compatíveis, ventos norte e sul.

Vale destacar que sim, essas alterações terão os valores de esforços internos modificados em relação à análise anterior, porém as alterações são mínimas, a ponto de que com a experiência adquirida pelo autor até esse momento, o mesmo se sentiu à vontade a ponto de não rodar os novos valores nas planilhas de verificação, como foram feitas por exemplos nos Apêndices C e E. Os resultados foram expostos a seguir.

Figura 96 - Esquema e análise estruturais devido compatibilização da escada considerando vento norte

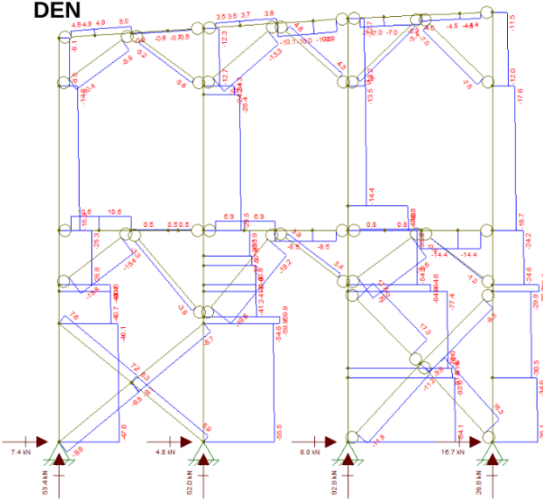
**Estrutura**



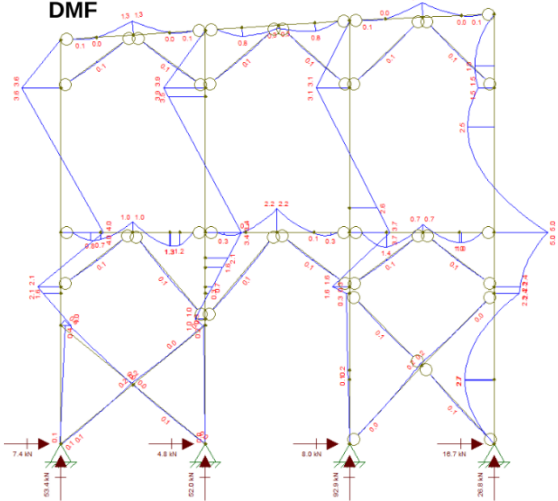
Mudança para adequar à  
Compatibilização das vigas da  
escada e as mãos francesas das  
Vigas Secundárias das Bordas  
Oeste P6-P9 e P9-P12

Considerando o Vento Norte

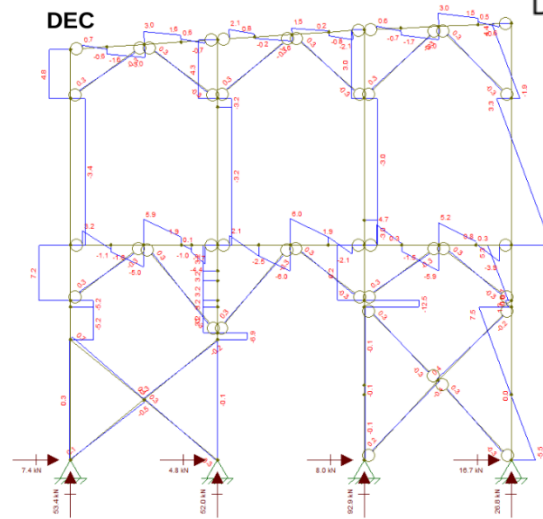
**DEN**



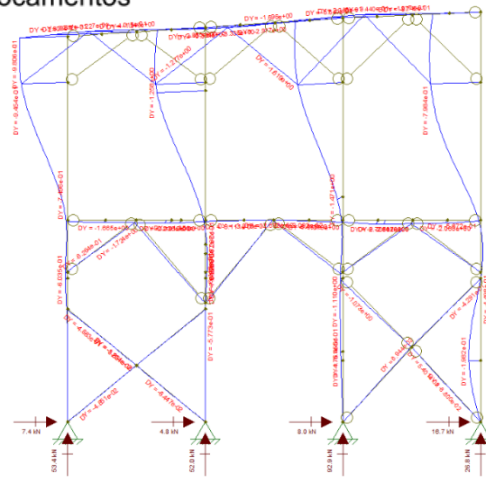
**DMF**



**DEC**



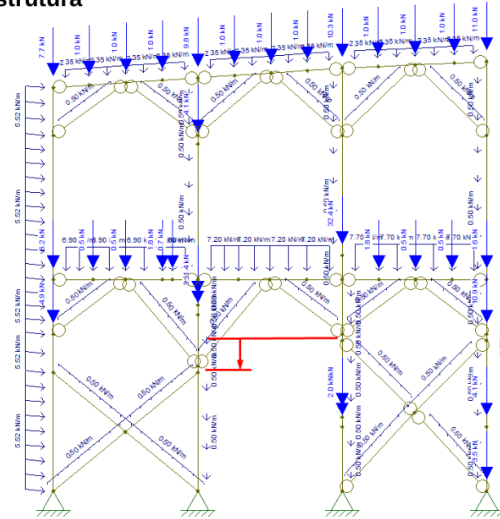
**Deslocamentos**



Fonte: Autoria própria.

Figura 97 - Esquema e análise estruturais devido compatibilização da escada considerando vento sul

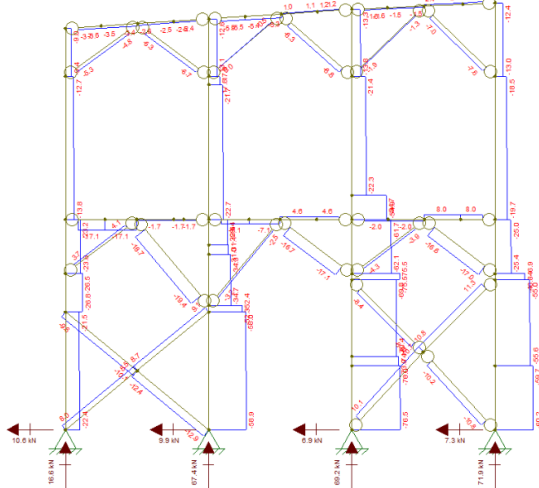
Estrutura



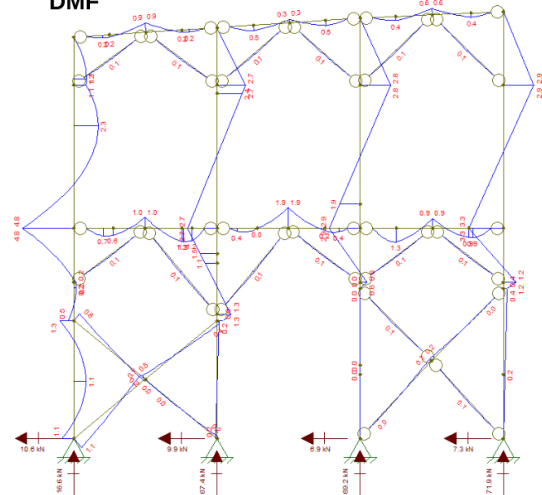
Mudança para adequar à  
Compatibilização das vigas da  
escada e as mãos francesas das  
Vigas Secundárias das Bordas  
Oeste P6-P9 e P9-P12

Considerando o Vento Sul

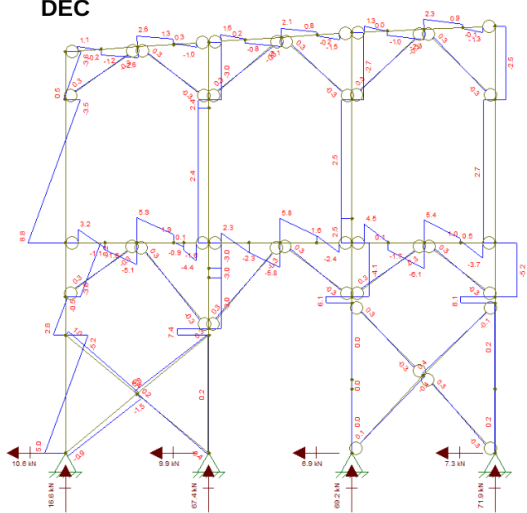
DEN



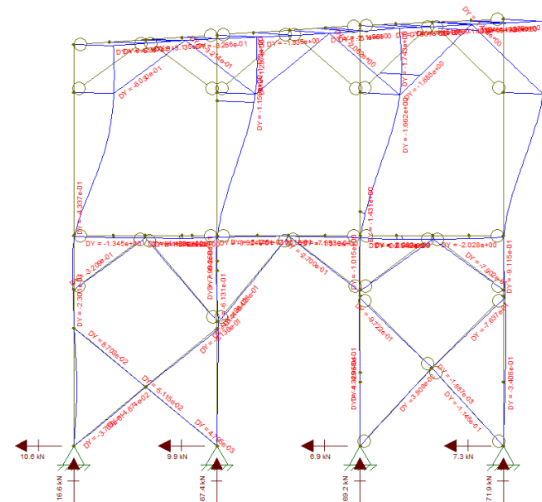
DMF



DEC



Deslocamentos



Fonte: Autoria própria

Analisando os esforços, e comparando com os diagramas do mesmo pórtico conferidos no Apêndice E, pode ser visto que nos DMF's e também nos DEC's possuem alterações mínimas com diferenças que não ultrapassam 0,4 kN.m, para mais ou para menos. Revisando as verificações do Apêndice G, verifica-se que tais novos valores não representariam ameaça às exigências da norma, quando se analise que a maioria das conferências são atendidas com folgas superiores à 20% do valor máximo.

As ameaças que o autor identificou foram as seguintes alterações:

- 9,1 para 10,6 kN em esforço de tração, na viga Primária da Borda Oeste P9-P12;
- 5,2 para 6,9 kN em esforço de tração, na viga Primária da Borda Oeste P6-P9;

Essa preocupação se dá pela fragilidade verificada da estrutura devido às ligações metálicas. Verificando a tabela 70 pode ser visto que tais ligações mencionadas apresenta uma relativa folga entre esforço e capacidade máxima, mais especificamente de 37% e 29%, respectivamente.

Alterando os valores, de 9,1 para 10,6 kN e 5,2 para 6,9 kN nas respectivas estruturas, a 'Taxa Solicitação/Resistência à Tração do Suporte de Viga' sobem respectivamente de 0,63 e 0,71 para 0,84 e 0,82. Ou seja, ainda conferem sucesso à estrutura. Sim, agora a célula nova teria a cor amarelada, por representar uma folga menor que 20% da capacidade máxima, mas ainda confere segurança à estrutura.

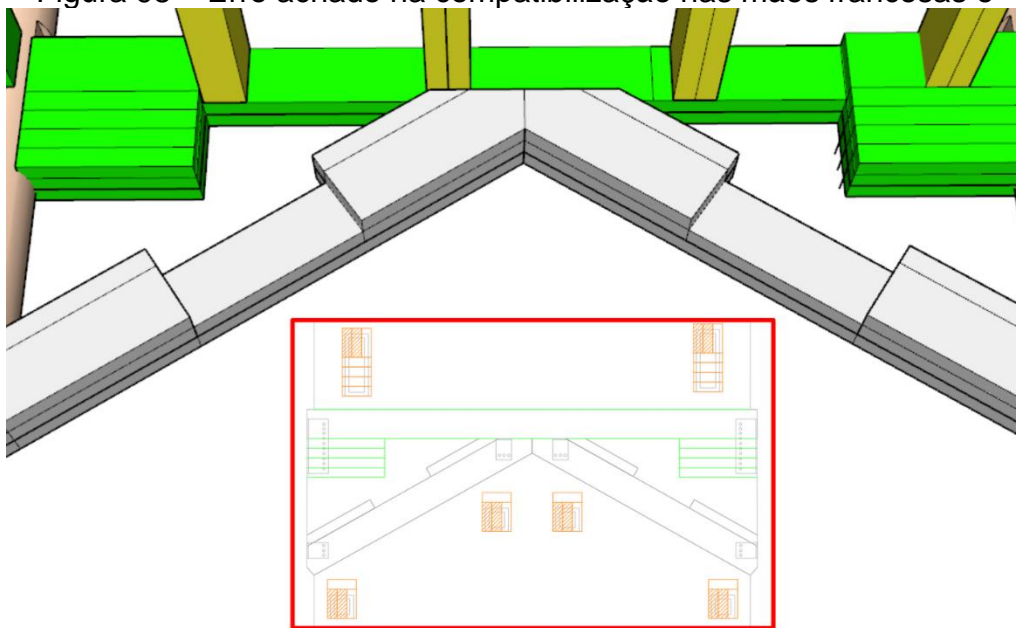
#### **4.8.2 Contato entre elementos diferentes**

Até o momento, foram dimensionadas as peças isoladamente. Porém na realidade, os contatos entre as mesmas precisam ser plenos, ou seja, é necessário contato total entre as peças para a transferência de forças ocorrer de maneira mais fluida possível.

É com esse intuito que essa conferência é realizada. Seguem alguns exemplos em que deve haver modificação de algumas seções para tal objetivo.



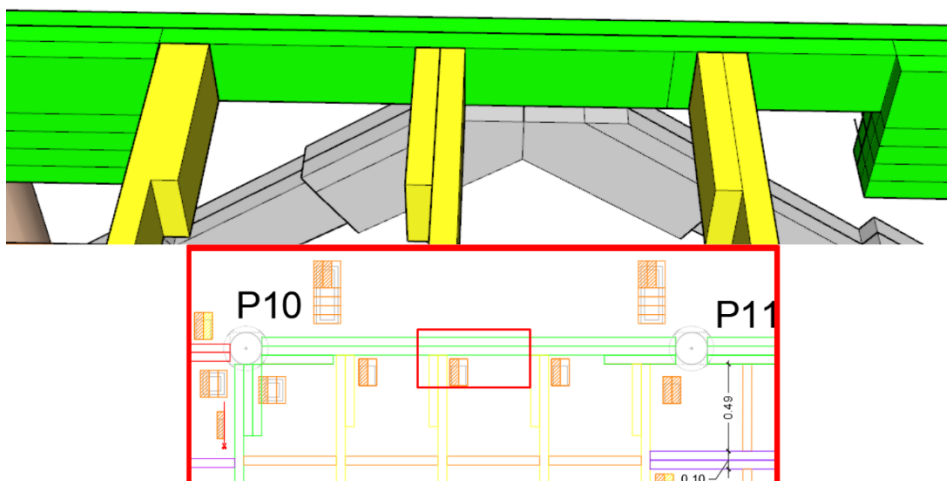
Figura 98 – Erro achado na compatibilização nas mãos francesas e



Fonte: Autoria própria

Na imagem acima pode ser visto que foi adicionado as peças de reforço da mão francesa, que por padrão possuem 40 cm de extensão, e estão muito próximas. Isso, no ponto de vista de obra, daria mais trabalho do que utilizar uma só peça. Foram utilizadas então peças de reforço únicas, que vão de apoio a apoio.

Figura 99 – Incompatibilidade entre vigas e mãos francesas



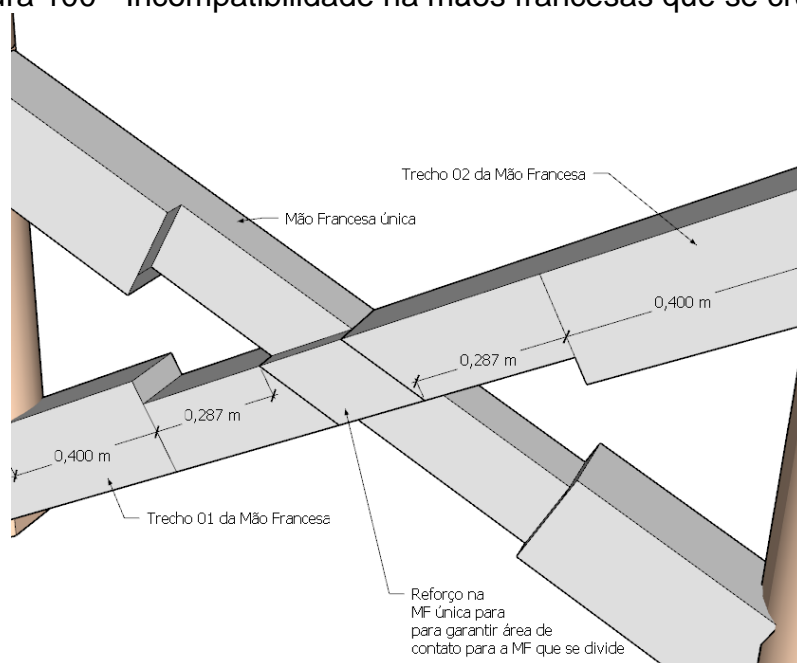
Fonte: Autoria própria

Acima pode ser visto que, ao se adicionar as vigas de reforço na mão francesa, para se ter área mínima para funcionamento exigido pelo fabricante, a viga também

precisa fornecer essa área de contato. Na mesma mentalidade da mão francesa mencionada no parágrafo anterior, as vigas nas bordas da estrutura, ao invés de terem os reforços laterais somente de 40 cm, terão uma prancha inteira somada ao elemento.

Outro problema semelhante ocorre nas mãos francesas cruzadas.

Figura 100 - Incompatibilidade na mãos francesas que se cruzam

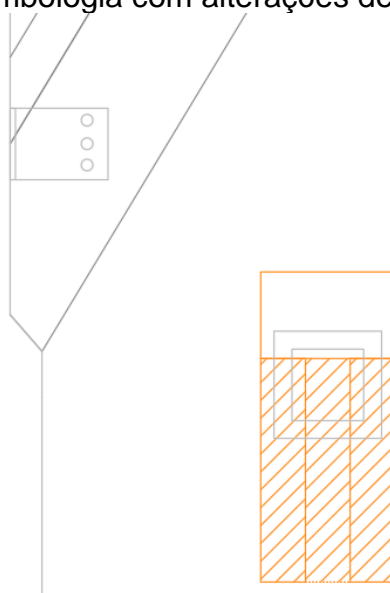


Fonte: Autoria própria

Para sanar esse problema e simplificar a hipotética execução dessa edificação, todas as mãos francesas e vigas que interagem com mãos francesas terão base de 15cm ao longo de toda a sua extensão.

Abaixo, se tem um exemplo de representação do detalhe do contato entre mão francesa e pilar. Os retângulos representam as seções 5 x 15 cm. Os retângulos hachurados, representam a peça que seguirá por toda a extensão do elemento.

Figura 101 – Simbologia com alterações devido inclinação



Fonte: Autoria própria

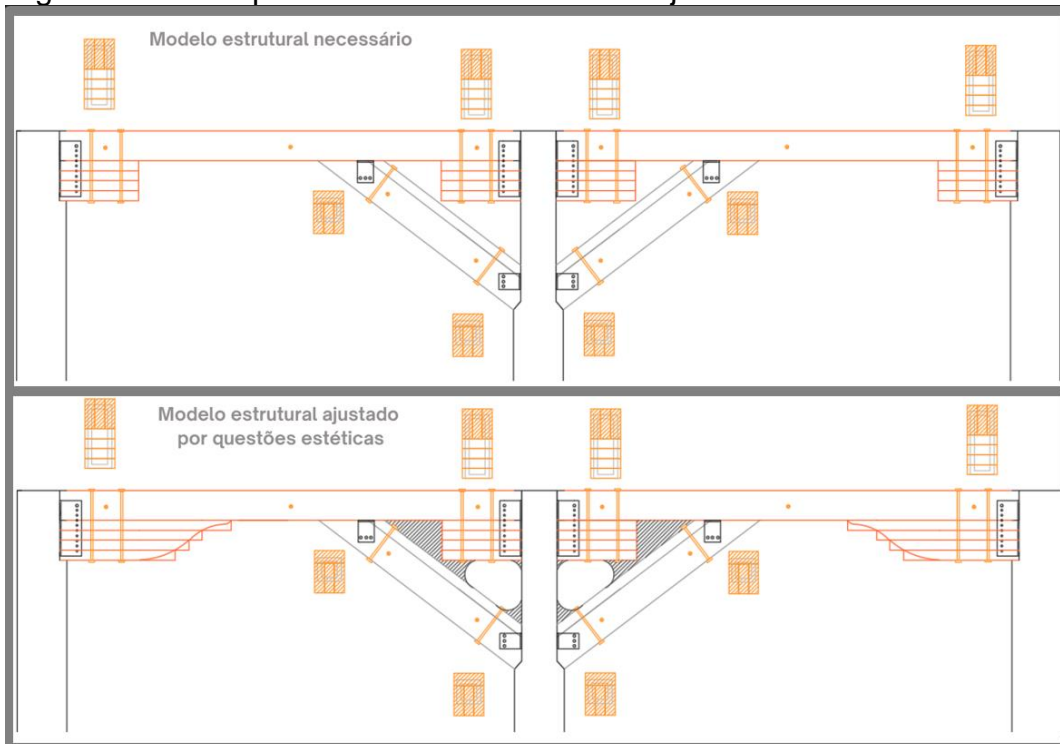
Na imagem de cima, os retângulos obviamente não possuem 5x15 cm. Isso se deve ao fato de que as peças estão inclinadas, e isso, no plano de contato entre a mão francesa e o pilar faz com que a área de contato também aumente.

#### 4.8.3 Compatibilização Estética

A solução de utilizar as ligações metálicas da distribuidora *Rothoblaas* para as estruturas, apesar de aparentemente não possuir problemas estruturais, teria dificuldades em ser aceita pelo mercado, pela questão estética, isso pelo menos no formato que se encontra. Deve ser lembrado que o intuito dessa construção é de se ter o máximo de elementos naturais, e isso de certa forma exige as peças mais orgânicas possíveis. Uma alteração que seria essencial para se obter essa “ergonomia estrutural” seria um “arredondamento” das peças estruturais em algumas peças, mais especificamente onde houveram a necessidade de múltiplas peças de madeira para atender os pré-requisitos de área de contato entre duas peças estruturais de madeira comunicantes que se conectam pela ligação metálica do tipo ‘Ligação oculta com furos com cavilhas autoperfurantes SBD’. Algumas peças foram alongadas e arredondadas. Já nas peças onde, no mesmo vértice, existem múltiplas estruturas, foi utilizado de um “preenchimento” de madeira pra passar a impressão de unidade na dita vértice. O preenchimento não seria estrutural, seria apenas uma

reutilização de madeira que seria destinado à reciclagem após a hipotética construção. Para isso, a única conta que foi levada em consideração à essa carga extra foi o 0,5 kN/m que foi aplicado em todas as mãos francesas, que cobre o peso real dos ditos preenchimentos.

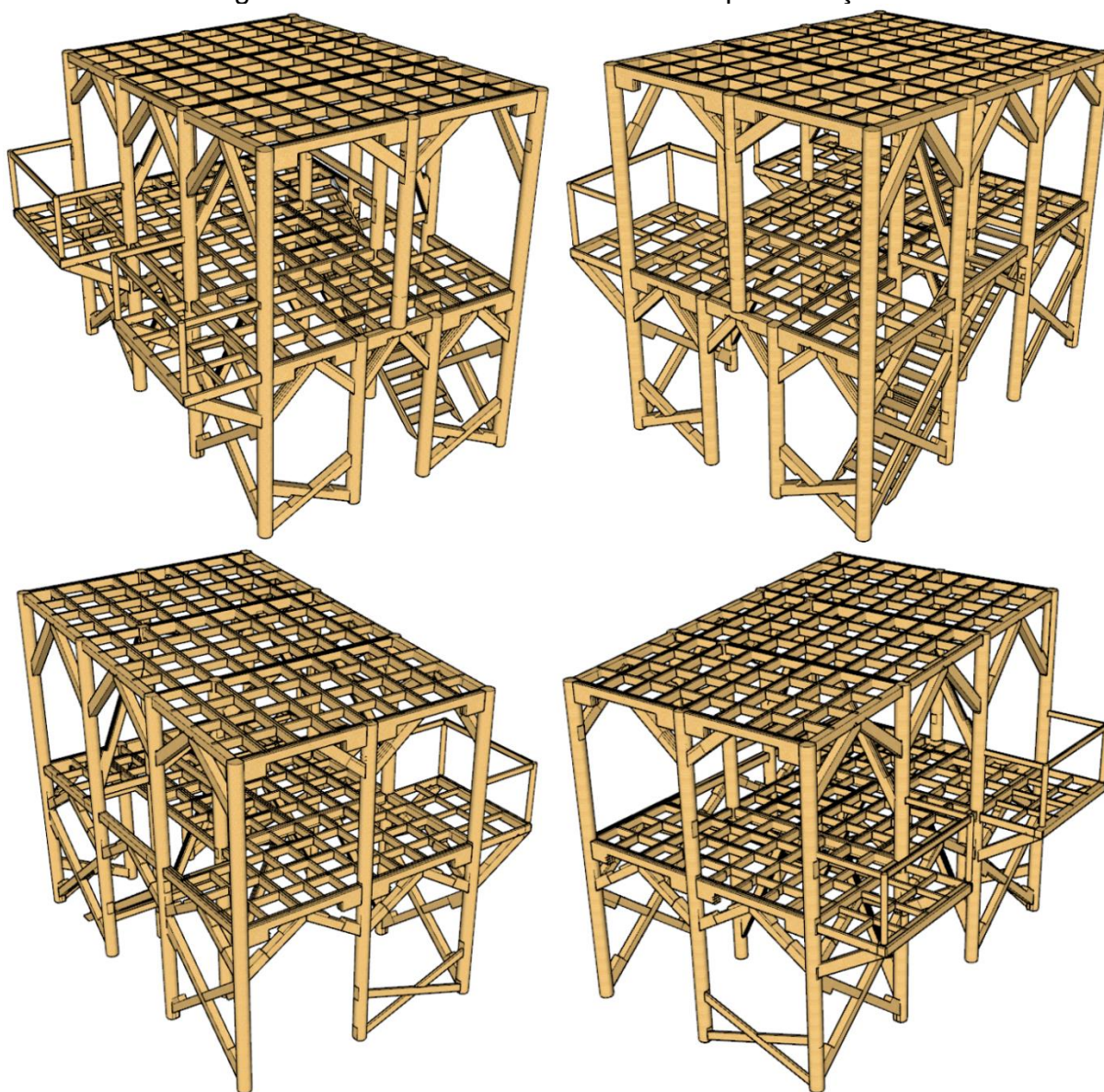
Figura 102 Exemplo de como serão feitos os ajustes estéticos da estrutura



Fonte: Autoria própria

Segue imagens do modelo 3D.

Figura 103 - Estrutura final sem as compatibilizações.



Fonte: Autoria própria

#### 4.9 PILARES

O dimensionamento das ligações dos pilares é simples. Analisando a carga atuante no pilar, achar modelo compatível, após aplicar os coeficientes de redução nos valores característicos do mesmo. Seguem imagens do catálogo da os coeficientes de Porta-Pilares de Alta Resistência.

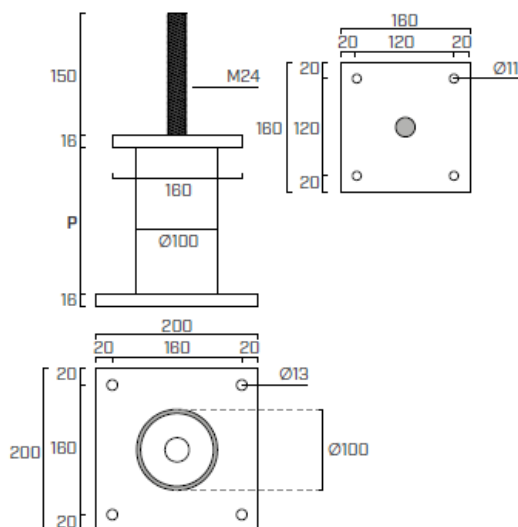
Figura 104 - Porta pilar Rothoblaas



Fonte: Catálogo Rothoblaas

Agora ilustração do porta-pilar, com suas especificações dimensionais.

Figura 105 - Dimensões do porta-pilar do modelo 160x160. Unidade em mm.



Fonte: Catálogo Rothoblaas

A resistência característica dos elementos disponíveis são:

Tabela 86 - Resistência característica dos porta-pilares dos modelos 120 x 120 e 160 x 160 (mm).

Modelo	Rck	Rck
	Madeira (kN)	Aço (kN)
120x120	193	127
160x160	324	247

Fonte: Catálogo Rothoblaas

De acordo com o catálogo da distribuidora *Rothoblaas*, a madeira é considerada no dimensionamento do pilar. Vale destacar que, como está dito no catálogo, a madeira utilizada para os testes em que se foi computado os valores acima possui uma densidade  $\rho = 350 \text{ kg/m}^3$ . A madeira utilizada nesse projeto possui uma densidade  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ . Essa consideração é importante, pois os testes realizados pela distribuidora fornecem resistências do conjunto madeira e porta pilar. Os modos de falha/ruptura portanto dependem de ambas as características. Aumentando a densidade da madeira, que foi o caso mudaria os valores de resistência característica e não necessariamente para um cenário mais favorável. Isso não entrou em consideração nesse estudo devido à lacuna de elementos disponíveis comercialmente no Brasil com informações que permitem o dimensionamento.

Essa observação é relevante pois os modos de ruptura e valores de resistência, ao se utilizar uma madeira com tamanha diferença em densidades, podem ter os valores comprometidos. Será relevado essa questão e segue o processo de dimensionamento.

Dito isso, se vai aos cálculos impostos pelo catálogo:

Deve ser considerado o menor valor entre as seguintes equações:

$$R_D(1) = \frac{R_{k,s}}{\gamma_s} \quad (65)$$

$$R_D(2) = \frac{R_{ck,M} * k_{mod}}{\gamma_M} \quad (66)$$

Considerando que  $\gamma_s = 1,35$ , o modelo 160x160 (mm) possui uma resistência  $R_d(1) = 182,9 \text{ kN}$ .

Considerando agora os valores da norma europeia EM 1995 1-1, ou seja  $k_{mod} = 0,50$  e  $\gamma_M = 1,3$ , se obtém  $R_d(2) = 124,6 \text{ kN}$ .

Segue uma tabela com os esforços normais presentes nos pilares:

Tabela 87 - Esforços normais nos pilares

Pilares	Comprimento (m)	Normal Máx. (kN)
P1	6,9	100,4
P2	3,6	44,7
P3	6,9	75,1
P4	6,7	113,3
P5	6,7	67,8
P6	6,7	81,1
P7	6,5	119,3
P8	6,5	72,2
P9	6,5	63,2
P10	6,3	106,7
P11	6,3	94,7
P12	6,3	62,7
P13	3,3	61,2
P14	3,3	89,4

Fonte: Autoria própria.

Pode ser visto que o modelo 160x160 é suficiente para a edificação. Será utilizado então o modelo Porta-Pilar 160x160 (mm).

#### 4.10 QUANTITATIVO DE PEÇAS DE MADEIRA

Agora seguem planilhas sobre o quantitativo de materiais diretos para a execução da hipotética execução. Ao usar o termo direto, contrário de indireto, o autor quer dizer as peças principais e não as necessárias indiretamente para a execução da construção.

Para fazer essa estimativa, para as vigas e mãos francesas, foram somente utilizados cortes e combinações de peças de 4 m de comprimento com seções de 5 por 15 cm. Com esse tipo de peça é possível montar todas as peças estruturais de madeira da edificação, com exceção dos pilares e dos degraus da escada.



Considerando que existem diversos comprimentos necessários, e todos os comprimentos são intencionalmente menores que 4 metros, uma peça de 4 m pode atender peças de vários comprimentos. Ou seja, com uma peça de 4 m, é possível se obter duas peças, uma de 2 m e outra de 1,33 m. Também é possível se obter uma peça de 2,2 m e outra de 1,8 m, e assim seguem diversas possibilidades.

O que foi feito então foi quantificar todas as peças com suas medidas exatas. A partir dessa medida exata, foi adicionado um comprimento que age como uma folga de segurança, cerca de 20% ou mais para cada peça. A partir desses novos valores, foram listadas tais comprimentos, casados com a quantidade necessária para a execução da edificação. A partir dessa quantidade então, foi feita a melhor combinação, a fim de se obter o mínimo de cortes que resultariam em sobras. Segue as duas tabelas das peças com seus comprimentos exatos, comprimentos práticos para corte a fim de se evitar desperdícios e suas respectivas quantidades.

Tabela 88 - Quantitativo de elementos de madeira da cobertura

Vigas				Comprimento real (m)	Comprimento prático (m)	Qtzade (unidades)
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,50	3
			Norte 02 P2-P3	2,30	2,50	3
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,50	3
			Sul 02 P12-P12	2,25	2,50	3
			Leste 01 P1-P4	2,25	2,50	3
			Leste 02 P4-P7	2,25	2,50	3
			Leste 03 P7-P10	2,25	2,50	3
			Oeste 01 P3-P6	2,25	2,50	3
			Oeste 02 P6-P9	2,25	2,50	3
		Oeste 03 P9-P12	2,25	2,50	3	
		Internas	1	2,40	2,50	3
			2	2,40	2,50	3
			3	2,40	2,50	3
			P4 P5 P6	3,56	4	4
			P7 P8 P9	3,56	4	4
			P4 P5 P6	0,94	1	2
			P7 P8 P9	0,94	1	2
			Secundárias	sem clariboia	2,40	2,5
		recebe clariboia		2,40	2,5	2
	Terciárias	1	0,51	0,65	72	
		2	0,54	0,65	0	
		3	0,56	0,65	0	
		4	0,58	0,65	0	
		sem clariboia	0,59	0,65	0	
		com clariboia	0,59	0,65	0	
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	3,25	3	
		P4 P5 P6 esquerda	2,9	3	3	
		P7 P8 P9 esquerda	2,5	3	3	
		P7 P8 P9 direita 01	1,4	1,5	3	
		P7 P8 P9 direita 02	1,2	1,33	3	
		Fachada Norte	0,75	1	8	
		Fachada Sul	0,75	1	8	
Fachada Leste		1,75	2	24		
Fachada Oeste	1,75	2	24			

Fonte: Autoria própria

Tabela 89 - Quantitativo de elementos de madeira do 1º pavimento

Vigas			Compriment o real (m)	Compriment o prático (m)	Qtidade (unidades)	
2º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	1,8	3
			Norte 02 P13-P14	1,25	1,35	3
			Norte 03 P14-P3	1,50	1,8	3
			Sul 01 P10-P11	2,30	2,5	3
			Sul 01 P11-P12	2,30	2,5	3
			Leste 01 P1-P4	2,25	2,5	3
			Leste 02 P4-P7	2,25	2,5	3
			Leste 03 P7-P10	2,25	2,5	3
			Oeste 01 P3-P6	2,25	2,5	3
			Oeste 02 P6-P9	2,25	2,5	3
		Oeste 03 P9-P12	2,25	2,5	3	
		Internas	P5-Borda Norte	2,33	2,5	3
			P5-P8	2,33	2,5	2
	P8-Borda Sul		2,33	2,5	2	
	Pequenas (Vão da Escada)		1,12	1,33	2	
	P4 P5 P6		3,56	4	4	
	P7 P8 P9		3,56	4	4	
	2,40m sem parede		2,40	2,5	7	
	Secundárias	Especial 2.1	1,02	1,33	2	
		Especial 2.2	1,02	1,33	2	
		Especial 2.3	1,02	1,33	2	
		1,80m sem parede	1,80	2	2	
		1,80m com parede	1,80	2	2	
		Especial 1	2,05	2,2	2	
		2,40 que recebe Especial 1	2,40	2,5	3	
		10x15 2,40m parede esquerda	2,40	2,5	2	
		10x15 2,40m parede direita	2,40	2,5	2	
		10x15 2,40m com parede	2,40	2,5	2	
	Terciárias	1	0,36	0,65	58	
		2	0,40	0,65	0	
		3	0,42	0,65	0	
		4	0,45	0,65	0	
		5 - sem parede	0,47	0,65	0	
		6 - com parede	0,47	0,65	0	
		7 - com parede	0,57	0,65	0	
		8 - com parede	0,57	0,65	0	
		9	0,52	0,65	0	
		10	0,56	0,65	0	
	Mão Francesa	P4 P5 P6	2,9	3	3	
		P7 P8 P9	1,93	2	3	
		Fachada Norte G	1,1	1,33	16	
		Fachada Norte P	1	1,33	8	
		Fachada Norte Janela	1,8	2	16	
		Fachada Sul	1,35	1,5	16	
		Fachada Sul Janela	2,5	3	8	
		Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	1,5	30	
		Fachada Leste Térreo cruz	3,3	3,5	16	
		Fachada Oeste Térreo MF sup 1	1,35	1,5	16	
		Fachada Oeste Térreo MF sup 2	1,7	2	8	
		Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	3,5	16	
		Varanda	1,3	1,33	16	
		Escada considerada isoladamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	2	3
	2ª viga (baixo pra cima)		2,62	3	3	
3ª viga (baixo pra cima)	0,91		1	3		
Degraus	1		1	0		
Escada considerada em conjunto com a	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0	0		
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0	0		
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	0	0		
Varandas	Terciária	0,62	0,65	8		
	Secundária	1,3	1,33	6		
	Borda 1,30m	1,3	1,33	12		
	Borda 2,45m	2,45	2,5	6		

Fonte: Autoria própria

A partir dessas tabelas, é possível elaborar a melhor combinação, a fim de se obter eficiência máxima nos cortes dos elementos. Agora será apresentado uma planilha que junta os tipos de peças não pela sua função estrutural, mas sim pelos seus comprimentos.

Tabela 90 - Quantitativo de elementos de madeira de tamanhos específicos

Comprimentos necessários (m)	Qtidade (unidades)
0,65	138
1,00	23
1,33	72
1,50	65
1,80	6
2,00	82
2,20	2
2,50	96
3,00	17
3,25	3
3,50	32
4,00	16

Fonte: Autoria própria

E agora segue uma planilha referente às possibilidades de combinação de comprimentos das peças. É essa tabela que informa o valor real de peças necessárias para a execução da edificação.

Tabela 91 - Quantitativo de elementos de madeira total

Recortes		Qtidade de peças de 4m
Peças Sem cortes	4 m	16
	3,5 m	32
	3,25 m	3
Peças com Cortes	3 m + 1 m	17
	2,5 m + OU (2x0,65) + OU (1,33 m)	96
	2,2 m + 1,8 m	2
	2,0 m + OU (1,8 m) + (2x1,0 m) + OU (1,5 m) + OU (1,33 m)	82
	3 x 1,33 m	12
Total		260

Considerando então todos os cortes, são necessários 260 elementos de madeira de dimensões 400 x 5 x 15 cm.

## 5 CONCLUSÃO

Os objetivos iniciais do projeto eram de elaborar um projeto arquitetônico baseado em conceitos bioclimáticos e assim foi feito. Depois, o estudo se propôs a fazer análises térmicas para averiguar compatibilidade da combinação dos elementos construtivos, mais especificamente, o telhado verde e o bloco de solo cimento. A simulação mostrou êxito, fazendo com que a edificação possua desempenho térmico mínimo.

Após essa etapa, o trabalho focou no estudo para aquisição de conhecimento sobre comportamento estrutural. Para tal, foram analisadas duas combinações de carga respectivamente, o Estado Limite de Serviço e Estado Limite Último, porém com um detalhe, considerando a força especial da possível água retida na cobertura como uma força comum (ELU\*). Foram necessárias mudanças ao projeto inicial, com inserções de mãos francesas e contraventamentos, além de uma técnica pouco comum, a viga vagonada. Apesar dessa surpresa, o projeto obteve êxito na perspectiva de esforços internos. A estrutura será capaz de suportar as cargas, que para desafiar o autor, sempre que puderam, foram acrescentadas propositalmente.

Após essa etapa, partiu-se para as ligações metálicas que unem os elementos construtivos. Para tal, foram utilizadas peças da fornecedora Rothoblaas. Os modelos da empresa exigiram reforços de madeira nas vigas, a fim de garantir os requisitos das ligações. Isso exigiu maior volume de madeira do que os elementos da estrutura individualmente precisavam. As vigas vagonadas, que exigem peças metálicas, foram dimensionadas somente pelos requisitos da norma de madeira. Isso por si só levou à um problema de incompatibilidade que possui duas formas de resolução. Uma das resoluções exigiria o refazer de grande parte do projeto e a outra solução necessitaria do autor conhecimentos avançados de estruturas metálicas, e por esse motivo, não foram prosseguidas. Por último, os porta pilares foram dimensionados.

Pranchas de execução foram elaboradas a fim de garantir que leitores possam averiguar o projeto de maneira minuciosa.

O estudo combinou técnicas construtivas tradicionais, porém pouco comuns, o telhado verde em uma estrutura de madeira. Além disso, insere também uma técnica na tentativa de se obter uma estrutura mais leve, a laje nervurada com as nervuras em madeira. A combinação fez necessário o uso de outra técnica construtiva pouco

usual, a viga vagonada. Foi adotado um arranjo estrutural que provê segurança à uma edificação que possui uma execução mais simples e rápida em comparação à construção tradicional de concreto armado com vedação em alvenaria. Importante ressaltar que simplicidade em madeira implica em uma mão de obra qualificada para executar o projeto. O material natural é mais sensível que seus componentes construtivos usuais, como o metal e concreto.

Foi notado uma lacuna no mercado sobre acessórios compatíveis com madeira. Era acreditado que sim, por ser menor a taxa de edificações em madeira em comparação com a construção tradicional, seria mais difícil a obtenção de informações, porém não era esperado toda essa diferença. Esse é um desafio que vai além das salas de aula, porém vale a pena ser destacado.

Vale destacar os aprendizados sobre comportamento estrutural. As falhas cometidas no caminho e conseqüentemente todos os seus vaivéns representam uma etapa essencial na aquisição de conhecimento.

## 5.1 CONSIDERAÇÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O autor gostaria de expor informações e conhecimentos adquiridos do estudo. Inicialmente, é interessante expor uma lista de todos os acréscimos propositais utilizados no decorrer do estudo. Os acréscimos, que já foram explicadas as motivações das suas existências, trazem um questionamento. A possibilidade de que a estrutura em geral poderia ser de alguma forma reduzida. Ou seja, não aumentando as cargas iniciais, poderia se obter estruturas mais esbeltas, por exemplo. Claro que, nesse caso em particular, foi visto que há um gargalo no projeto estrutural, que são as ligações metálicas. Ou seja, as ligações metálicas utilizadas nesse documento exigem estruturas maiores das que foram originalmente calculadas nos quesitos estruturais individuais. Mas outros questionamentos podem surgir, que nem sempre terão uma resposta direta em favor das escolhas do autor. Segue então a lista dos ditos acréscimos:

- desconsiderações de aberturas nos pesos das paredes;
- peso do bloco de concreto;
- cargas distribuídas nas mãos francesas;
- possível carga retida na cobertura;

- categoria e classe do vento atuante;
- força do vento na direção 0°;
- força do vento na direção 90°;
- força do vento vertical;
- ELU\*;
- vão efetivo das vigas da laje nervurada de madeira;
- maior carga que se distribui da laje para as vigas da laje nervurada;
- consideração artificial de momento fletor em um dos eixos para alguns pilares;

Seguem agora sugestões de análises complementares baseado nesse estudo. Análises que não teriam tempo hábil de serem executados nesse trabalho:

- análise mais detalhada do comportamento térmico da construção, considerando todos os seus nuances, como por exemplo:
  - considerar a estruturas de madeira que estão em contato com o ambiente externo;
  - considerar diferentes materiais que influenciam na qualidade das aberturas;
  - considerar os vidros das claraboias com qualidade superior aos vidros das janelas comuns;
  - estudo sobre um sistema complementar de melhoria no sistema térmico com elementos que fornecem irrigação ao telhado verde e também pulverização de água nas paredes de bloco de solo-cimento;
- elaborar o mesmo projeto estrutural, com os mesmos carregamentos, porém sendo a estrutura de concreto armado e as vedações no sistema tradicional de alvenaria;
  - elaborar um quantitativo e conseqüentemente um orçamento;
  - com esse orçamento em mãos e elaborado também um orçamento para o projeto de madeira em análise, fazer um comparativo de custos;
- elaborar o mesmo projeto estrutural, porém considerando as estruturas além dos pilares com outra espécie de madeira. A explicação dessa vertente é devido que como houve uma ampliação de toda a estrutura por causa das ligações metálicas, pode existir uma madeira mais barata que, será menos resistente (o autor diz isso por que a espécie *Eucalipto citriodora* é uma das

melhores madeiras disponíveis no mercado provenientes de áreas de cultivo para madeira com intenções de uso em construção civil), porém nessa nova análise, o novo autor poderá já estabelecer as dimensões que atendem as condições dimensionais das ligações metálicas. Ou seja, a madeira será menos resistente, mas os cálculos já serão feitos com dimensões maiores das que foram analisados nesse documento. Isso pode se provar uma combinação mais eficiente do uso de madeira para construções, pelo menos se estiver utilizando as mesmas ligações metálicas.

- devido à incompatibilidade da camisa metálica na disposição das vigas nervuradas em madeira:
  - refazer o projeto, porém com uma disposição das nervuras das lajes compatível com a dimensão e posição da camisa metálica; ou
  - dimensionar uma camisa metálica que ofereça suporte para vigas que se apoiariam no local da estrutura metálica
- estudos para uma melhor compreensão do comportamento estrutural da técnica construtiva de blocos de solo-cimento (tijolo ecológico), sendo essa alvenaria com intenções ou estruturais ou para vedação.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alroma. **DVD Alroma Completo – Passo a Passo Tijolo Ecológico**. Alroma Equipamentos. Disponível em: <  
[https://www.youtube.com/watch?v=pa7opZbHCkw&t=1954s&ab\\_channel=ALROMA Equipamentos](https://www.youtube.com/watch?v=pa7opZbHCkw&t=1954s&ab_channel=ALROMAEquipamentos) >. Acesso em: 21 mai. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: **Ações para o cálculo de estruturas** – Rio de Janeiro, 12 dez. 2019.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10834: **Blocos de Solo-Cimento sem função Estrutural – Requisitos** – Rio de Janeiro, jun. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220-2: **Componentes e elementos construtivos das edificações – Resistência e transmitância térmica – Métodos de cálculos (ISO 6946:2017 MOD)** – Rio de Janeiro, fev. 2022

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais - Desempenho** – Rio de Janeiro, set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13532: **Elaboração de Projetos de Edificação** – Rio de Janeiro, abr. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9952: **Manta Asfáltica para impermeabilização** – Rio de Janeiro, jun. 2022.



**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6627: Pregos comuns e arestas de aço para madeiras.** Dez. 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: **Projeto de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios** – Rio de Janeiro, mar. 2008.

CBE Clima Tool, 2022. **Berkeley Edu.** Disponível em:<  
<https://clima.cbe.berkeley.edu/>> Acesso em: 26 nov. 2022.

Desempenho Térmico de Edificações. **PBEEDIFICA**, 2022. Disponível em: <  
<http://pbeedifica.com.br/temp/ezeplus.html>>. Acesso em: 26 nov. 2022.

IBTS – Instituto Brasileiro de Telas Soldadas. **Telas Soldadas – Emendas.** Disponível em: < <http://ibts.org.br/pdfs/emenda.pdf> >. Acesso em: 9 jun. 2023.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Informações sobre Madeira: Eucalipto citriodora.** Disponível em: < [http://www.ipt.br/informacoes\\_madeiras/12.htm](http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/12.htm)>. Acesso em: 20 out. 2022.

LAMBERTS, R. **Apostila Desempenho Térmico de Edificações.** Florianópolis, 2016.

LAMBERTS, R.; GHISI E.; PEREIRA C. D.; BATISTA J.O. **Casa Eficiente.** Florianópolis, 2010.

LIZ, Débora G. S. de. **Análise Experimental do Comportamento Térmico do Telhado Verde Extensivo para Florianópolis.** Florianópolis – Jul. 2016.

MACHADO, R. M. E S. Tutorial do EZePlus – NBR 15575 [mensagem pessoal]. Mensagem enviada por <[rmauricio.eng@gmail.com](mailto:rmauricio.eng@gmail.com)> e recebida por <[brunourata22@gmail.com](mailto:brunourata22@gmail.com)> em 30 jun. 2023.

Ministério de Minas e Energia. **Componentes construtivos**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/projeteee/componentes-construtivos/>>. Acesso em 25 jun. 2023.

PERLIN L.P; PINTO R.C.A; PADARATZ I.J - **Apostila de Concreto Armado II** – Florianópolis, 20 out. 2022.

Rothoblaas. **Chapas e conectores para madeira: Edifícios , estruturas e exterior** - Cortaccia, 2019.

SZUCKS C.A; TEREZO R.F; VALLE, Ângela do; DE MORAES, Poliana. **Estruturas de Madeira** – Florianópolis, 2016.

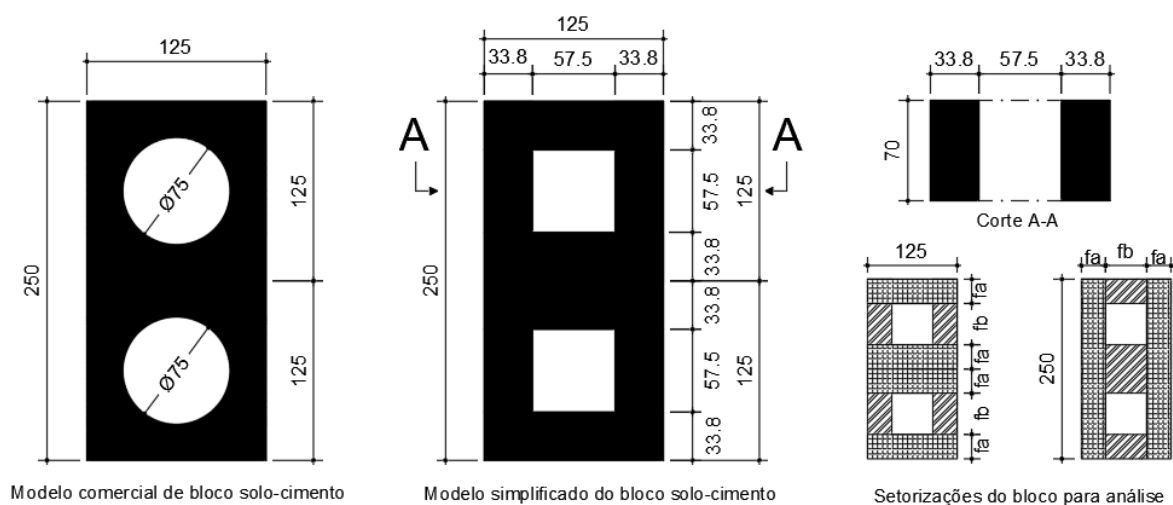
U.S. *Department of Energy*. **Input Output Reference**. *EnergyPlus*, 2022. Disponível em: <  
[https://energyplus.net/assets/nrel\\_custom/pdfs/pdfs\\_v9.6.0/InputOutputReference.pdf](https://energyplus.net/assets/nrel_custom/pdfs/pdfs_v9.6.0/InputOutputReference.pdf)>. Acesso em: 26 nov. 2022.

VIDOR, Vilmar. **O Enxaimel Blumenauense Atual**. Blumenau: 1983

## 7 APÊNDICE A - BLOCO SOLO-CIMENTO – TRANSMITÂNCIA E CAPACIDADE TÉRMICA

Como mencionado, os cálculos serão feitos por planilhas. Seguem imagens do bloco com valores necessários às contas.

Figura 106 - Bloco solo-cimento



Com as fórmulas mencionadas no corpo do documento principal, é possível determinar a transmitância e capacidade térmica do elemento bloco solo-cimento, considerando seu formato característico.

Tabela 92 - Informações básicas do elemento

dados do material	
densidade ( $\text{kg/m}^3$ )	1890
condutividade térmica ( $\text{W/m.K}$ )	0,38
calor específico ( $\text{kJ/kg.K}$ )	1,3
dados do bloco	
dimensão a (cm)	3,375
dimensão b (cm)	5,75
f.a (%)	0,54
f.b (%)	0,46

Fonte: Autoria própria.

Tabela 93 - Planilha de contas da resistência total upper

UPPER (análise horizontal)	
Resist. Superficial Interna (m <sup>2</sup> .K/W)	0,13
Resist. Superficial Externa (m <sup>2</sup> .K/W)	0,04
Resist. Ar (m <sup>2</sup> .K/W)	0,16
Resist. Bloco camada 1 (m <sup>2</sup> .K/W)	0,329
Resist. Bloco camada 2 (m <sup>2</sup> .K/W)	0,089
Análise das resistências em série	
Análise do trecho a (m <sup>2</sup> .K/W)	0,499
Análise do trecho b (m <sup>2</sup> .K/W)	0,508
Resist. Total Upper (m <sup>2</sup> .K/W)	0,503

Fonte: Autoria própria.

Tabela 94 - Planilha de contas da resistência total lower

LOWER (análise vertical)	
Resist. Superficial Interna (m <sup>2</sup> .K/W)	0,13
Resist. Superficial Externa (m <sup>2</sup> .K/W)	0,04
Resist. Ar (m <sup>2</sup> .K/W)	0,16
Resist. Bloco camada 1=3 (m <sup>2</sup> .K/W)	0,099
Resist. Bloco camada 2 (m <sup>2</sup> .K/W)	0,151
Análise das resistências em Paralelo	
Resist. da camada 1 e 3 (m <sup>2</sup> .K/W)	0,099
Resist. da camada 2 (m <sup>2</sup> .K/W)	0,155
Resist. Total Lower (m <sup>2</sup> .K/W)	0,523

Fonte: Autoria própria.

Tabela 95 - Resistência total, transmitância e capacidade térmica

Resistência Total, Transmitância	
Resist. Total Upper (m <sup>2</sup> .K/W)	0,503
Resist. Total Lower (m <sup>2</sup> .K/W)	0,523
Resist. Total (m <sup>2</sup> .K/W)	0,513
Transmitância (W/m <sup>2</sup> .K)	1,950
Capacidade Térmica	
Capac. Térmica Camada a (kJ/m <sup>2</sup> .K)	307,125
Capac. Térmica Camada b (kJ/m <sup>2</sup> .K)	184,275
Capac. Térmica Total (kJ/m <sup>2</sup> .K)	235,0446

Fonte: Autoria própria.

Com os valores determinado de transmitância e capacidade térmica, deve-se voltar à etapa de simulação computacional.

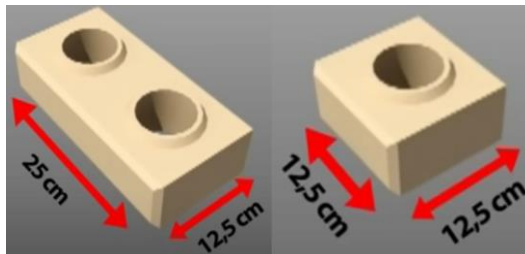
## 8 APENDICE B – ALROMA BLOCOS ECOLÓGICOS

Os tijolos ecológicos, como são conhecidos, são tecnicamente nomeados de blocos de solo-cimento. O elemento possui uma variedade considerável de formatos. Os mais importantes são os modulares para a vedação de paredes e alvenaria estrutural. Destaco que, a Alroma Tijolos Ecológicos produz tais elementos para a alvenaria estrutural, porém a norma brasileira ainda não normatizou essa técnica construtiva. É por isso inclusive, que o autor desse documento não utiliza os blocos para tal função, e sim apenas como função de vedação.

Será apresentado nesse apêndice um resumo de um vídeo tutorial para a utilização desses elementos para uma casa de um pavimento. O vídeo poderá ser analisado completamente no link que será disponibilizado nas referências bibliográficas do documento principal à que esse apêndice é referenciado.

Primeiramente, deve se conhecer as dimensões principais do bloco que será utilizado. No caso desse projeto, será utilizado os seguintes blocos:

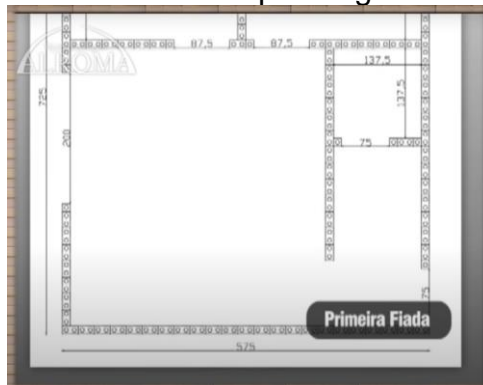
Figura 107 - Dimensões usadas dos blocos de solo cimento



Fonte: Alroma Equipamentos

Uma vez que a planta da edificação foi definida, deve-se fazer a planta da primeira fiada dos blocos. Essa definirá o assentamento das paredes.

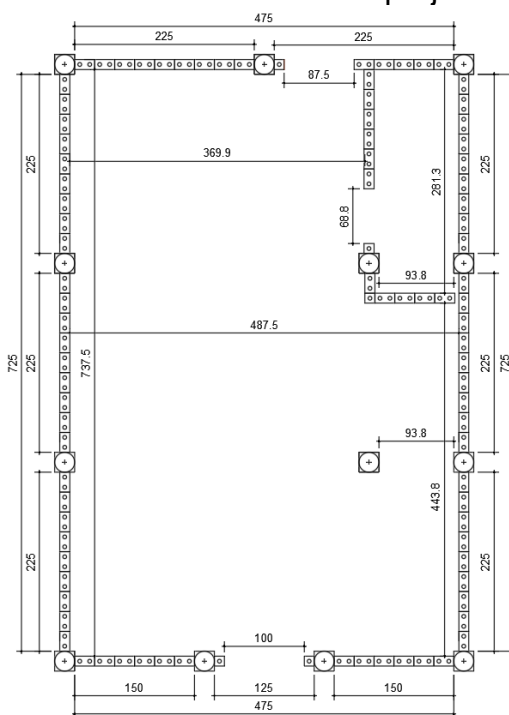
Figura 108 - Trecho de uma planta genérica de 1ª fiada.



Fonte: Alroma Equipamentos

Deve-se lembrar que, a planta da imagem acima é uma planta genérica de uma edificação que pretende utilizar os blocos para a função de alvenaria estrutural. O plano do projeto em análise é diferente. A estrutura em si será composta por um sistema pilar-viga de madeira e a vedação será utilizada em blocos de solo-cimento. Logo, a primeira fiada do térreo do projeto do autor seria assim.

Figura 109 - Planta de 1ª fiada do projeto do térreo.



Fonte: Autoria própria

A próxima prancha é a dos grautes e aberturas. Graute é a inserção de concreto dentro de uma sequência de blocos empilhados, formando um pilarete dentro da vedação. Esse pilarete deve possuir uma barra de aço de 8 milímetros de diâmetro e possuírem uma distância periódica entre si de aproximadamente 1 metro, porém varia de projeto para projeto, e isso pensando nos elementos como alvenaria estrutural. Como o caso do projeto tem a parede que funciona somente como vedação, esses pilaretes são apenas uma forma de unificar os blocos formando a parede. Por esse motivo, será utilizada como base, a distância recomendada.

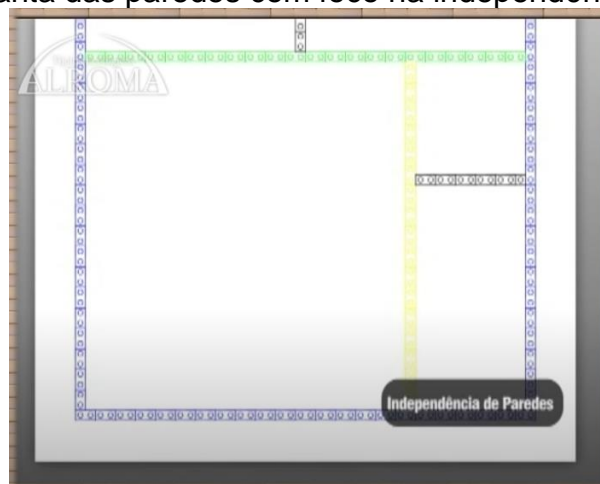
Figura 110 - Planta genérica de grautes e aberturas.



Fonte: Alroma Equipamentos

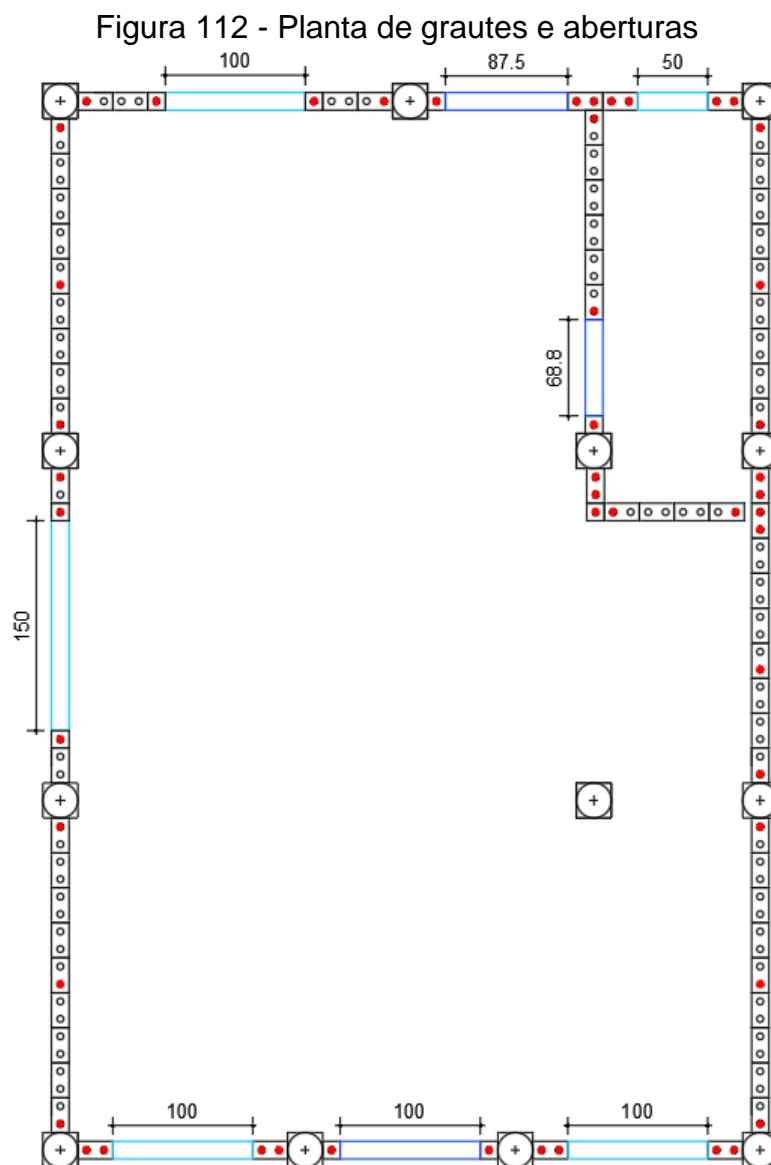
Deve haver uma independência entre as paredes para preservar a estética do tijolo à vista. A empresa faz essa discriminação com as paredes em cores diferentes, como poderá ser visto a seguir.

Figura 111 - Planta das paredes com foco na independência das mesmas.



Fonte: Alroma Equipamentos

A seguir, uma imagem da planta de grautes e aberturas, sem escala, porém sem a distinção de cores para as paredes.

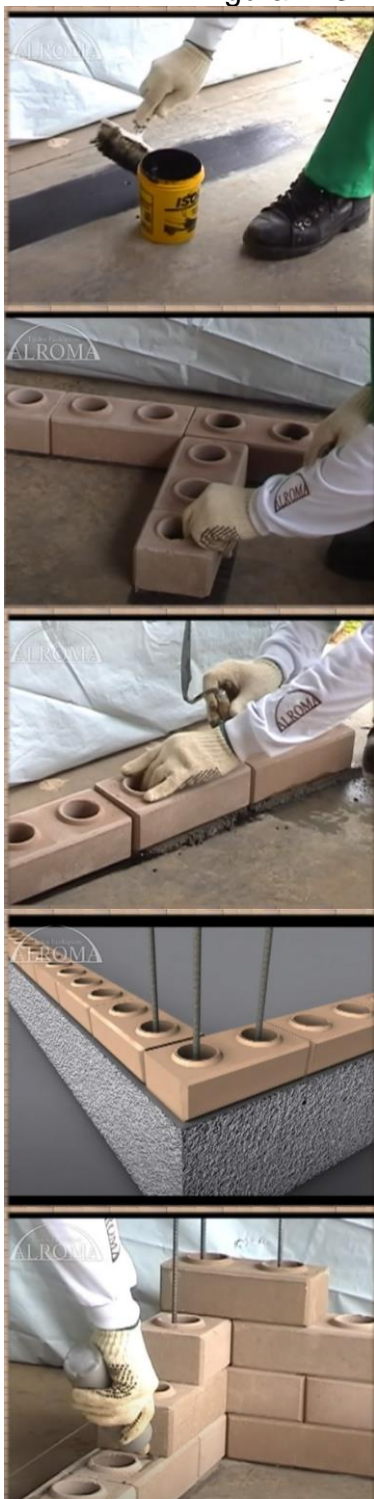


Fonte: Autoria própria

A seguir, serão dispostas imagens com as descrições das etapas. Serão somente retiradas trechos do vídeo tutorial que forem relevantes a este projeto.



Figura 113 - Instruções do bloco de solo cimento 01



Aplique impermeabilizante asfáltico nas posições das alvenarias

Seguindo a planta da 1ª fiada, posicione os blocos nos locais corretos, sem uso de massa. Esse posicionamento deve ignorar os vãos das portas. Essa última etapa serve como uma conferência mais precisa do posicionamento dos tijolos ecológicos.

Inicie o assentamento da 1ª fiada, sempre começando pelos cantos e depois pela parte frontal da edificação em direção ao fundo. Nessa etapa, retire os blocos que foram posicionados nos vãos das portas.

A planta 'Graute e Aberturas' sinaliza onde deverão ser posicionadas armaduras de espera e grautes. As armaduras de espera devem ser feitas com uma profundidade de 10 cm. O comprimento do aço deve ser de 160 cm, com um transpasse de 15 cm para amarração.

A argamassa deve ser feita na proporção adequada dos materiais argamassa, cola PVA e água. Uma vez misturada, deve se utilizar de algum aplicador que permita saída do material em um diâmetro de 6 mm. Deve-se conferir periodicamente o prumo da parede.

Fonte: Alroma Equipamentos, adaptado.

Figura 114 - Instruções do bloco de solo cimento 02



Todas as paredes devem subir sempre em conjunto, ou seja, para partir para a fiada seguinte, a fiada anterior como um todo já deve ter sido finalizada. Sempre acompanhar se os vãos das portas estão sendo respeitados.



Na altura de 50 cm, ou no caso dos blocos com 7,5 cm de altura, na 7ª fiada, devem ser posicionadas grampos nos cantos e encontros de paredes. Os grampos de amarração esperarão a camada seguinte para serem ativadas no primeiro uso de concreto na técnica construtiva.



Na fiada seguinte, será utilizada dos blocos-canaleta, que podem ser vistos na imagem. Outra utilização de grampos deve ser feita nos mesmos locais da etapa anterior. Além disso, barras de aço devem ser posicionados sempre em pares para conectar as barras de aço na vertical.



Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas desbloqueadas, a empresa utiliza de copos descartáveis para o fim. Uma vez que o concreto é aplicado e curado, os mesmos são retirados. O autor não acredita que essa técnica é boa pois retira trechos consideráveis da cinta de amarração, enfraquecendo a estrutura. Uma técnica vista em práticas de terceiros possui uma melhor abordagem para o caso.



Aqui pode ser visto uma tática que provê uma seção da estrutura mais uniforme.

São utilizados canudos de espuma e tubulações elétricas, a última podendo ser desrosqueadas após a cura do concreto.

Fonte: Alroma Equipamentos, adaptado.

Figura 115 - Instruções do bloco de solo cimento 03.



Importante resaltar que nas concretagens das cintas de amarrações, é vital já estarem posicionadas as tubulações elétricas e hidráulicas, para que nas etapas de rejuntamento, sejam finalizadas as instalações.



Voltando à técnica da Alroma, são molhados todos os tijolos em que terão contato com concreto para auxiliar na cura do mesmo. Utilizando um funil, se insere o concreto nas tubulações naturalmente formadas pelos blocos.



As tubulações com aço são os chamados grautes, que servirão de pilaretes para a parede. Na imagem ao lado, se vê um corte para entender melhor o funcionamento da estrutura.



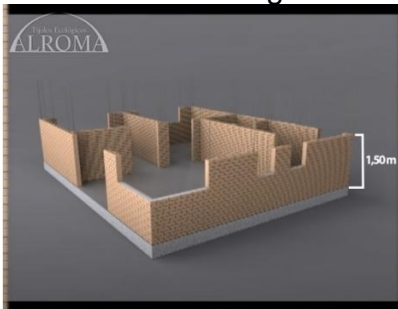
Os parapeitos devem ser reforçados, fazendo que deva haver um excedente nas tubulações de 3 fiadas para baixo. Para isso, deve-se posicionar algo na 3ª fiada abaixo com algum obstrutor. A Alroma indica a utilização de restos de papel do saco de cimento. O autor já recomendaria os mesmos canudos de espeuma utilizados para criar tubos de ventilação das cintas de amarração.



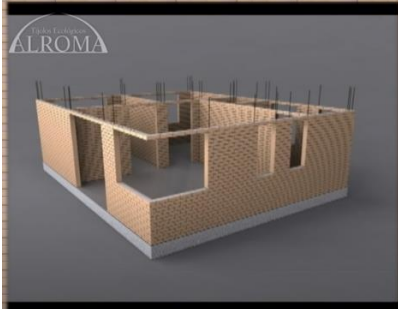
Na altura devida, faça a amarração com transpasse de 15 cm e siga com o assentamento.

Fonte: Alroma Equipamentos, adaptado.

Figura 116 - Instruções do bloco de solo cimento 04



A 3ª utilização de grampos deve ser feita à aproximadamente 1,5 m de altura.



À 2,10 m de altura, se chega na altura de portas e janelas, sendo feita a segunda cinta de amarração.



Os vãos de comprimento maior que 1,5 m deve possuir um reforço. Tal reforço é feito com duas camadas de blocos-canaleta, sendo que a de cima deve estar invertida para proporcionar continuidade no reforço. O reforço deve sobresair 50 cm para cada lado do vão, funcionando como cinta de amarração e verga.



Um corte interno para se observar o funcionamento da estrutura. Notar que os 'tocos' de concreto ao longo da verga são apenas devido à configuração das canaletas, que possuem furos.



Repetir a cinta de amarração, com os blocos-canaleta na última fiada.

Fonte: Alroma Equipamentos, adaptado.

Figura 117 - Instruções do bloco de solo cimento 05



Apesar desse pilar ser de concreto armado, a mesma lógica pode ser aplicado para pilares de madeira. À cada 50 cm de altura, uma amarração deve ser feita nos pilares que definem a parede. Com um furo com uma angulação de 45°, uma barra de mesma bitola deve ser posicionada no furo e amarrada à armadura do graute/pilarete da 1ª tubulação naturalmente formada pelos orifícios dos blocos.

Após a amarração, o bloco que vem por cima deve ser manualmente entalhado para permitir o encaixe. Importante ressaltar que o preenchimento do orifício para o chumbamento deve ser de adesivo estrutural à base de resina epoxy. Esse material deve ser utilizado tanto nos pilares quanto nos furos das barras verticais.

Ainda no mesmo assunto, no projeto referente à esse documento, um chumbamento similar deve ser feito em outro local, nas vigas que ficam acima da parede, fazendo com que os pilaretes/grautes formem "grelhas", presas na estrutura de madeira, tanto nos lados quanto em cima e embaixo. O chumbamento inferior já foi explicado, porém em cima não. Essa etapa não faz parte do processo da Alroma, pois a técnica contrutiva deles prevê ou vigas ou lajes de concreto, então de certa forma essa amarração será feita naturalmente. A técnica que o autor acreditou ser a mais eficiente é dos aços verticais serem instaladas com suas devidas amarrações e transpases respeitados, porém fazendo com que a altura máxima da última barra de aço vertical fique a cerca de 10 cm da viga superior. Esse espaço é o suficiente para o posicionamento dos blocos em fiadas inferiores. E uma vez que falte 25 cm para a parede alcançar a viga do pavimento superior, é feita então a amarração similar à feita nos pilares. Note que essas distâncias respeitam o transpasse de 15 cm recomendado pela distribuidora. Uma vez feito o chumbamento, os blocos não poderão ser instalados tradicionalmente pelos seus orifícios. A técnica então será uma recomendado pela Alroma, porém para reparos de instalações hidráulicas. A técnica consiste de cortar o bloco ao meio, na direção longitudinal e encaixar as duas metades, uma por um lado da parede, e a outra pelo outro lado da parede.



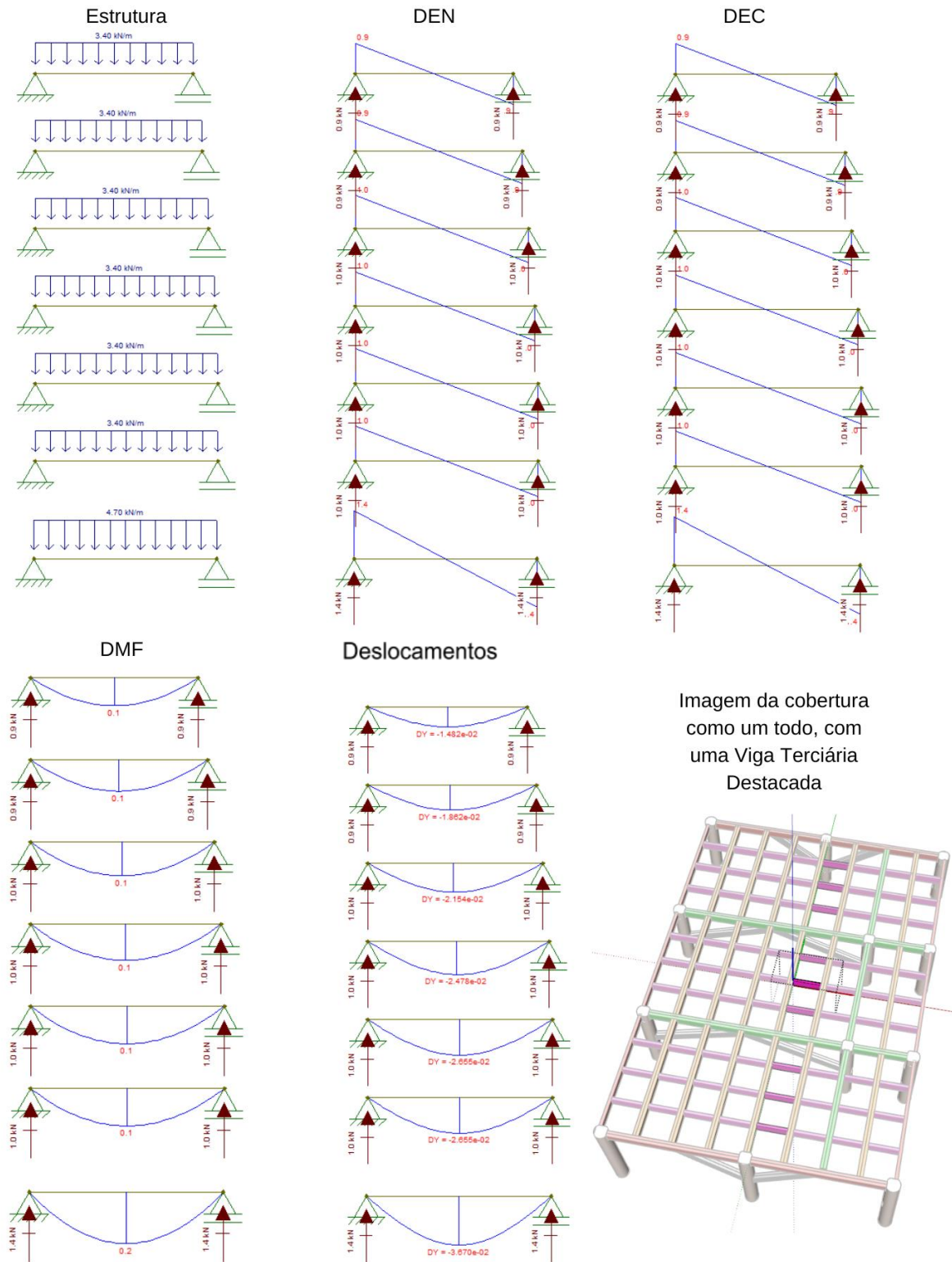
Fonte: Alroma Equipamentos, adaptado.

## **9 APENDICE C - ANÁLISES ESTRUTURAIS NA CONFIGURAÇÃO 02 NA COMBINAÇÃO ELU\***

### **9.1 ANÁLISES DAS VIGAS ISOLADAS**

#### **9.1.1 Cobertura – Vigas Terciárias (ELU)**

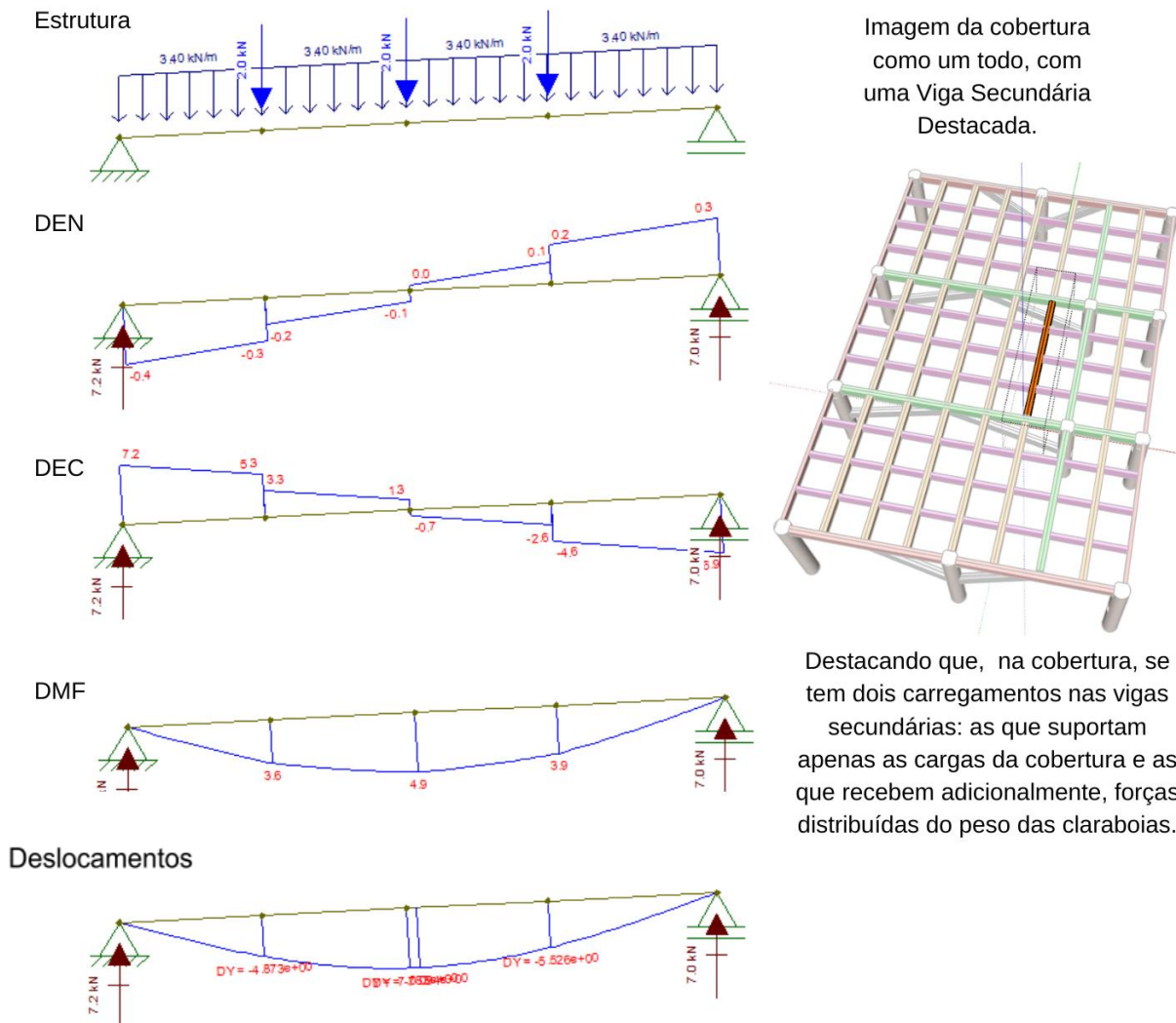
Figura 118 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias da cobertura (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.1.2 Cobertura - Vigas Secundárias sem carga adicional (ELU)

Figura 119 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias da cobertura (ELU)



Fonte: Autoria Própria



### 9.1.3 Cobertura – Vigas Secundárias que recebem carga adicional da claraboia (ELU)

Figura 120 - Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que recebem carga adicional (ELU)

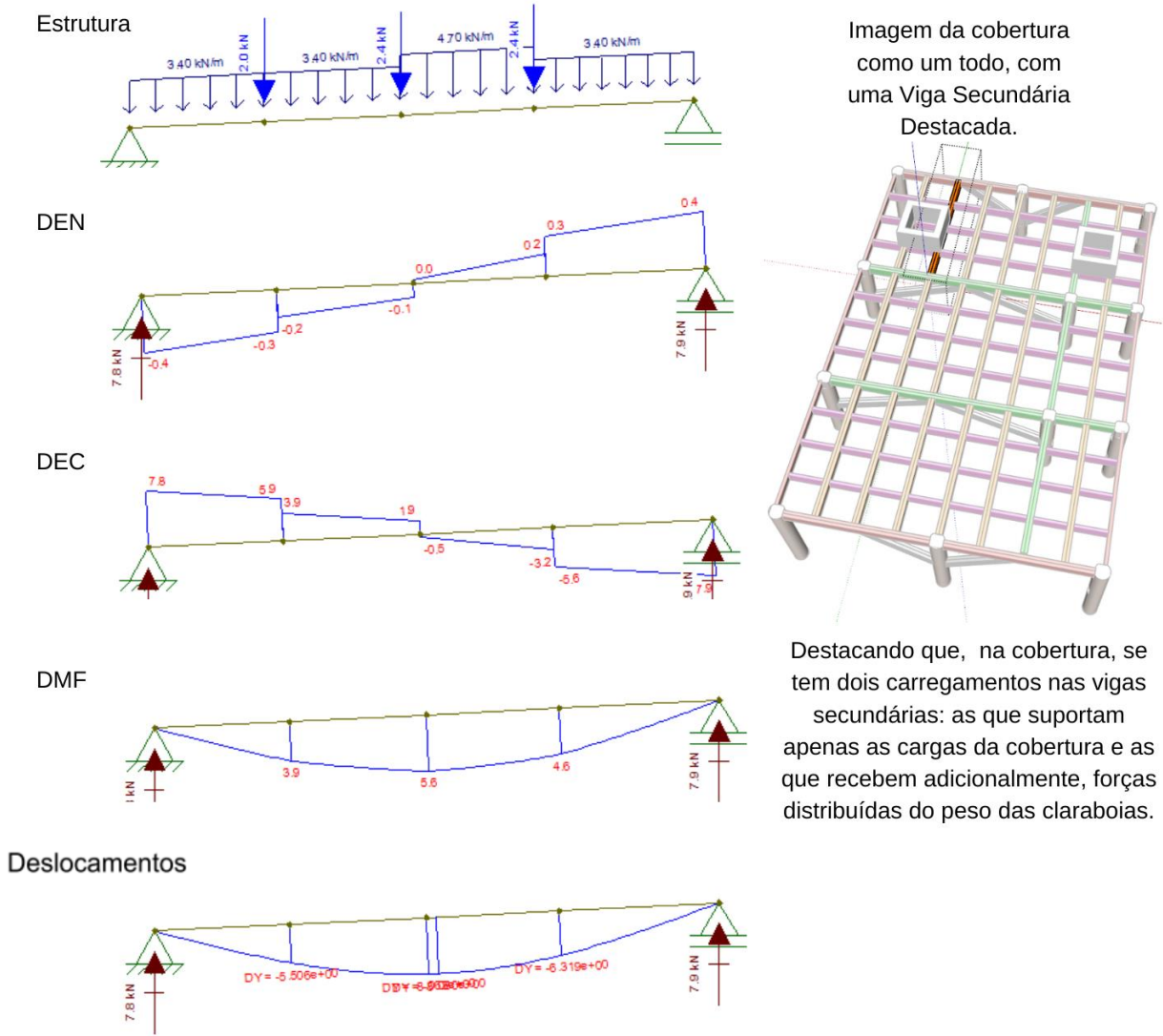


Imagem da cobertura como um todo, com uma Viga Secundária Destacada.

Destacando que, na cobertura, se tem dois carregamentos nas vigas secundárias: as que suportam apenas as cargas da cobertura e as que recebem adicionalmente, forças distribuídas do peso das claraboias.

Fonte: Autoria Própria

Vale destacar que, as Vigas Primárias Internas (cor verde), que estão paralelas ao eixo norte sul, apesar de possuírem comprimentos levemente diferentes, possuem o mesmo comportamento e conseqüentemente mesmas reações de apoio das Vigas Secundárias que recebem a claraboia. Para as Vigas Primárias Internas que estão no eixo leste-sul, a análise será feita considerando toda a estrutura que contém aquele eixo. O mesmo será feito para as fachadas externas: Norte, Sul, Leste e Oeste (e as análises também foram feitas nessa ordem).

Agora serão feitas as análises da estrutura da laje do segundo pavimento.

### 9.1.4 Segundo Pavimento - Vigas Terciárias (ELU)

Figura 121 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias do 2º pavimento (ELU)

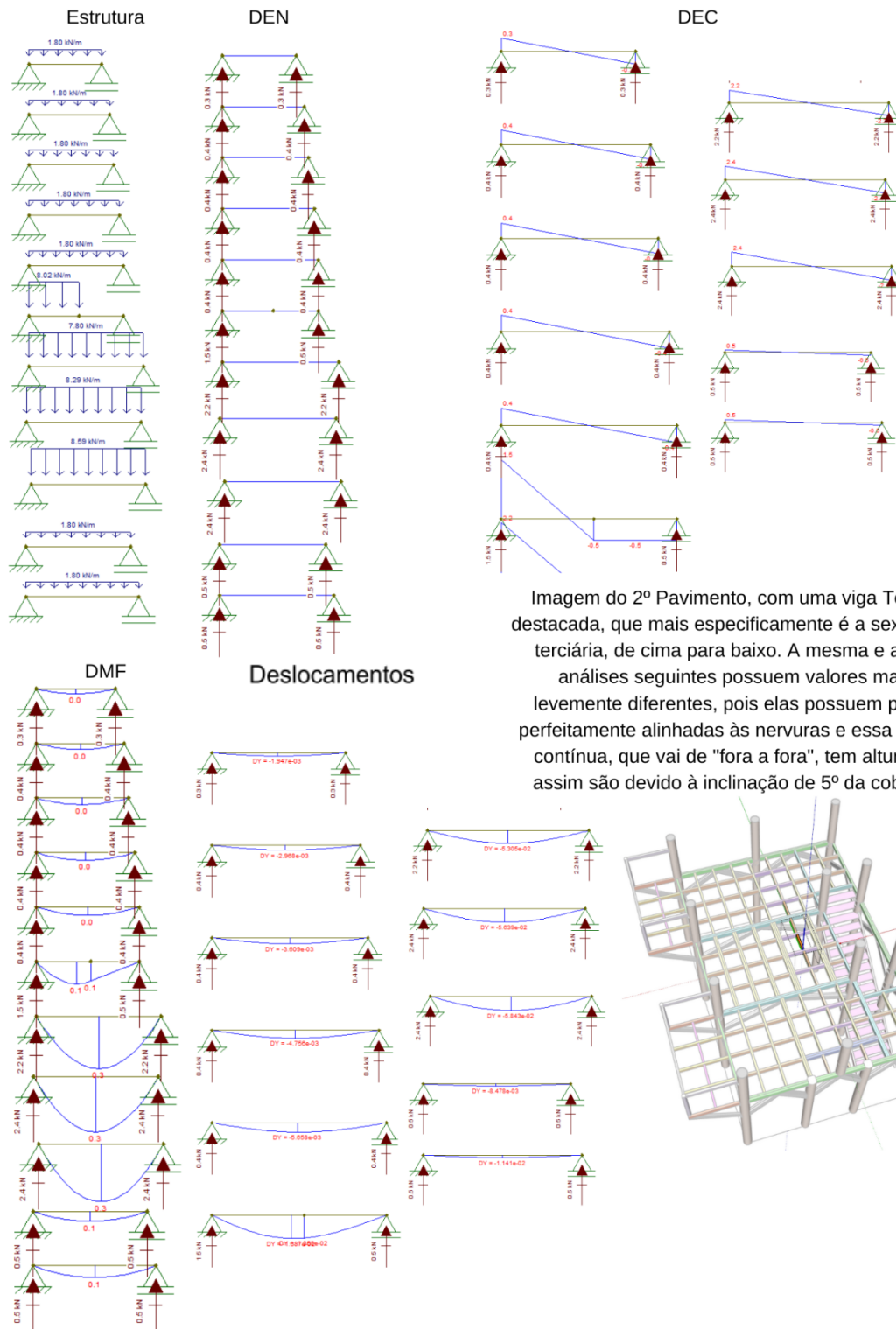
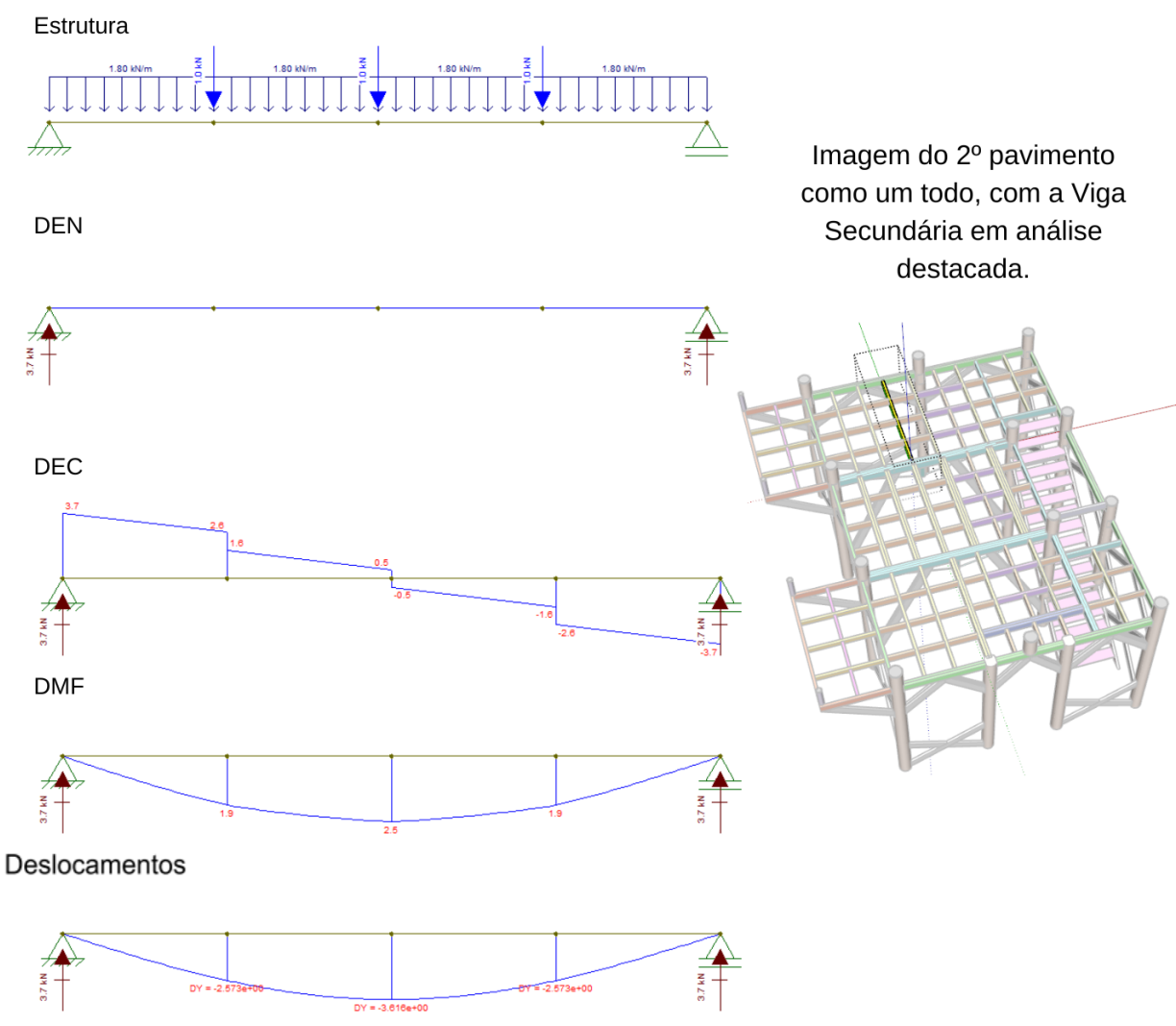


Imagem do 2º Pavimento, com uma viga Terciária destacada, que mais especificamente é a sexta viga terciária, de cima para baixo. A mesma e as duas análises seguintes possuem valores maiores e levemente diferentes, pois elas possuem paredes perfeitamente alinhadas às nervuras e essa parede contínua, que vai de "fora a fora", tem alturas que assim são devido à inclinação de 5° da cobertura.

### 9.1.5 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias sem cargas adicionais (ELU)

Figura 122 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias sem cargas adicionais (ELU)

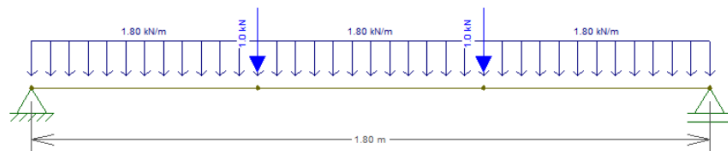


Fonte: Autoria Própria

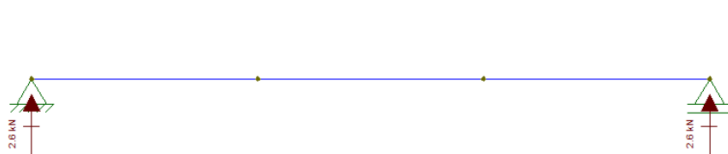
### 9.1.6 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias “Recorte da Escada” (ELU)

Figura 123 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias presentes nos recortes da escada (ELU)

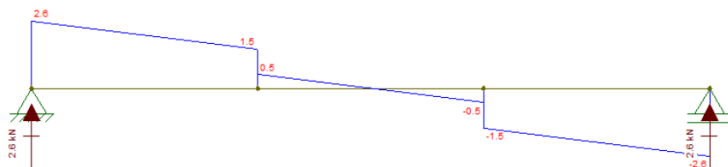
Estrutura



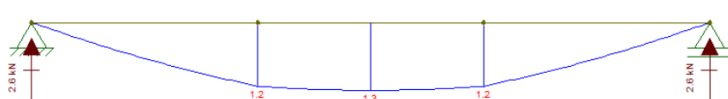
DEN



DEC



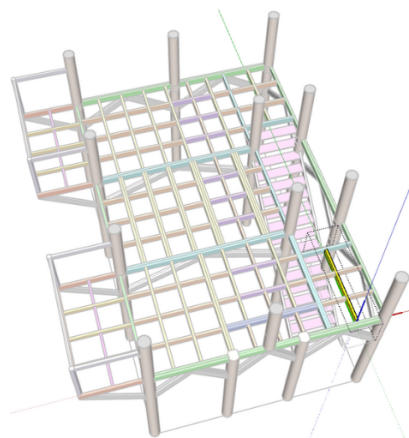
DMF



Deslocamentos



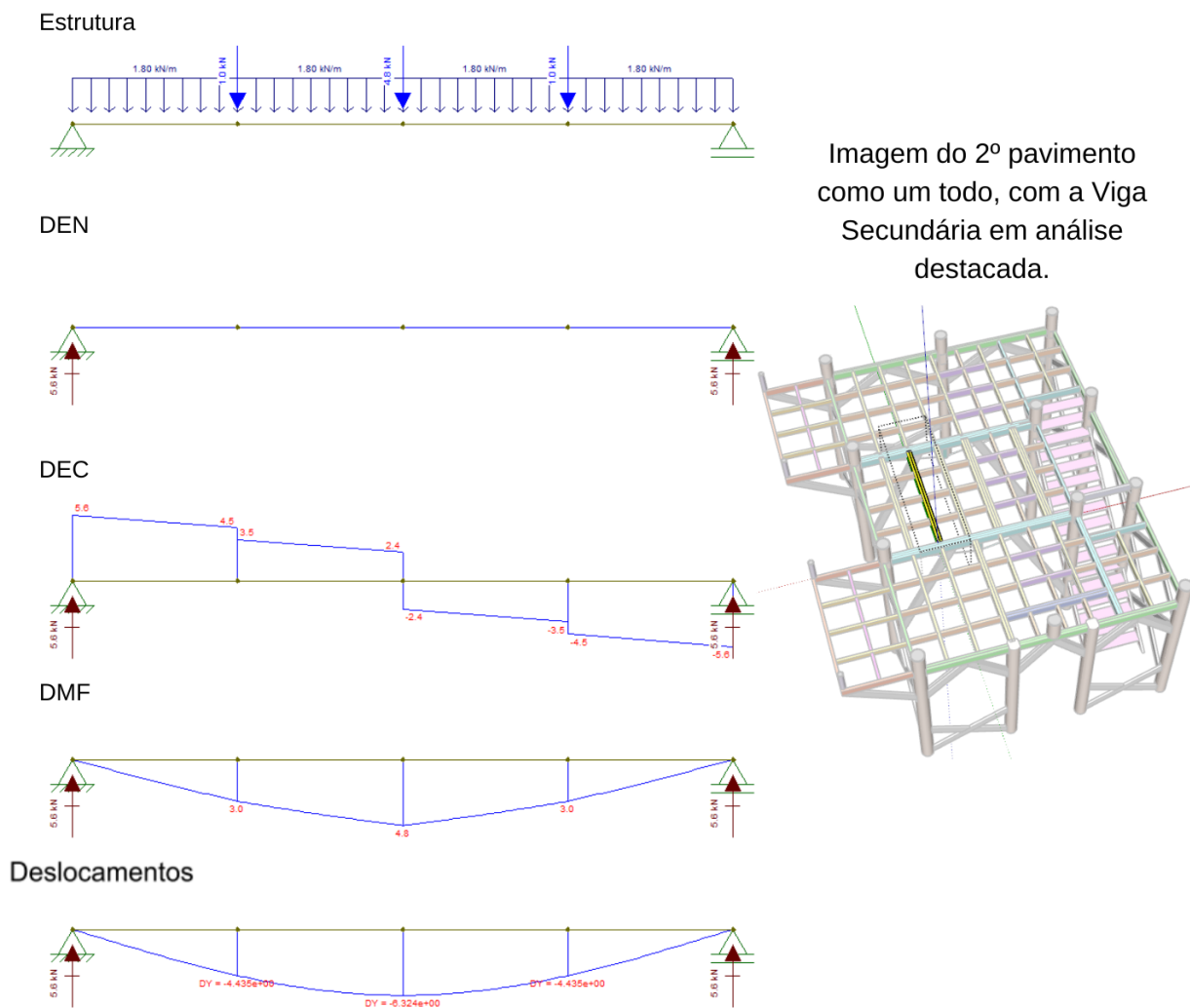
Imagem do 2º pavimento como um todo, com a Viga Secundária em análise destacada.



Fonte: Autoria Própria

### 9.1.7 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias que cruzam com a parede do banheiro (ELU)

Figura 124 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que possuem carga concentrada (ELU)



Fonte: Autoria Própria

**9.1.8 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias Tipo Especial 02 (ELU)**

Figura 125 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias tipo especial 02 (ELU)

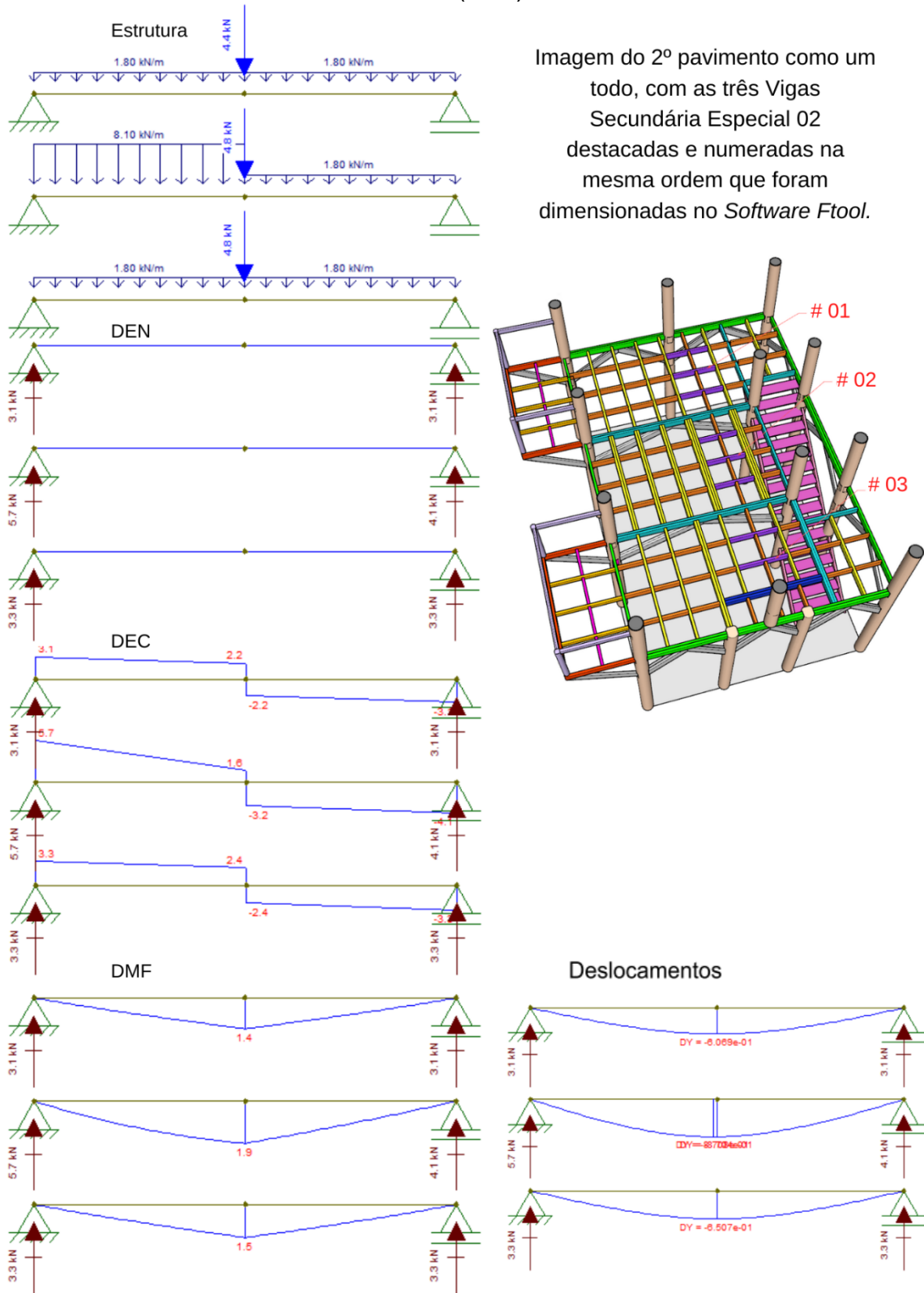


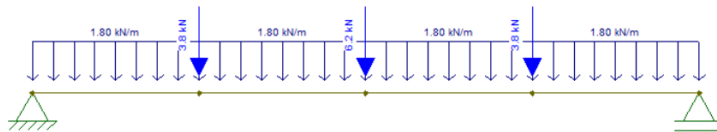
Imagem do 2º pavimento como um todo, com as três Vigas Secundária Especial 02 destacadas e numeradas na mesma ordem que foram dimensionadas no Software Ftool.

Fonte: Autoria Própria

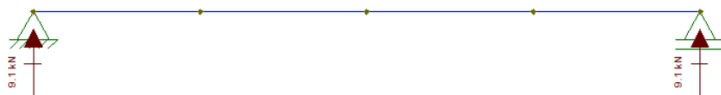
### 9.1.9 Segundo Pavimento – Viga Secundária 15x15 (Esquerda) (ELU)

Figura 126 – Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias (ELU)

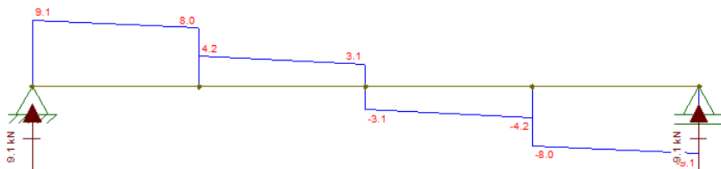
Estrutura



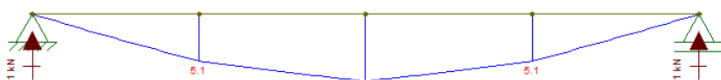
DEN



DEC



DMF



Deslocamentos

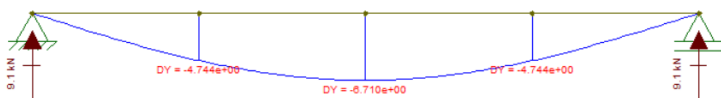
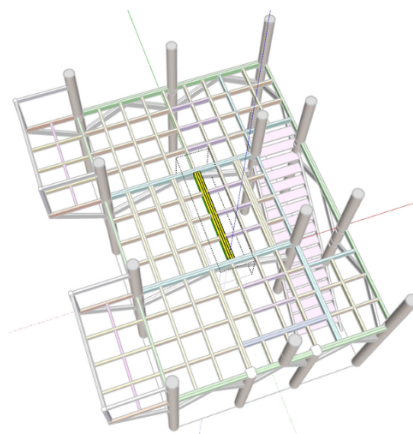


Imagem do 2º pavimento como um todo, com a Viga Secundária em análise destacada.

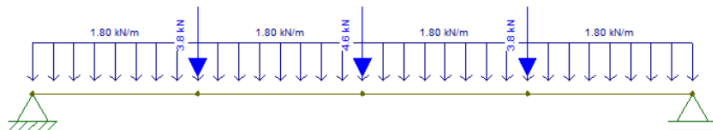


Fonte: Autoria Própria

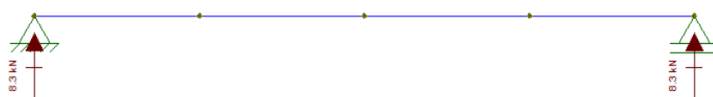
### 9.1.10 Segundo Pavimento - Vigas Secundárias 15x15 (Direita) (ELU)

Figura 127 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias (ELU)

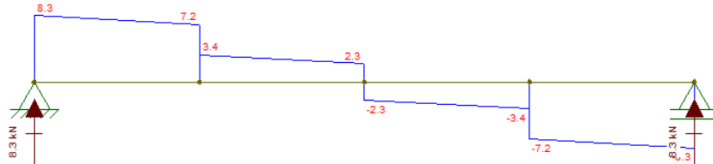
Estrutura



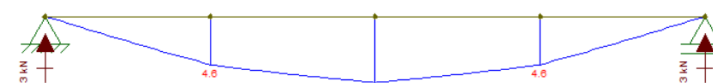
DEN



DEC



DMF



Deslocamentos

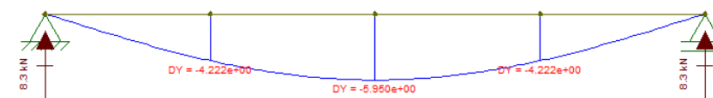
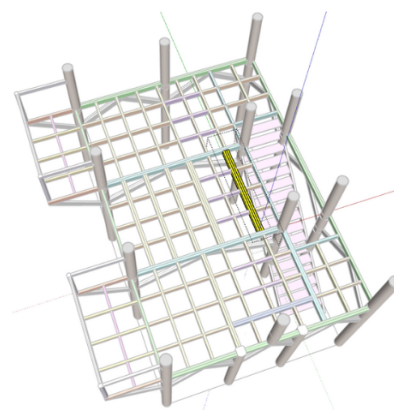


Imagem do 2º pavimento como um todo, com a Viga Secundária em análise destacada.



Fonte: Autoria Própria

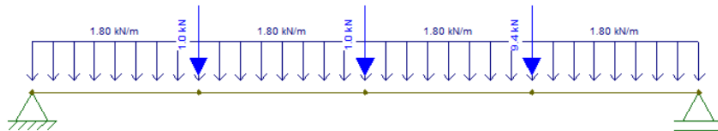




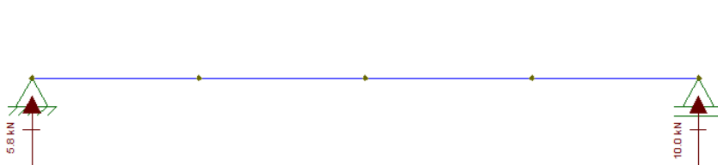
### 9.1.12 Segundo Pavimento – Viga Secundária que recebe ‘Especial 01’ (ELU)

Figura 129 – Esquema e análises estruturais da viga secundária que “recebe” ‘Especial 01’ (ELU)

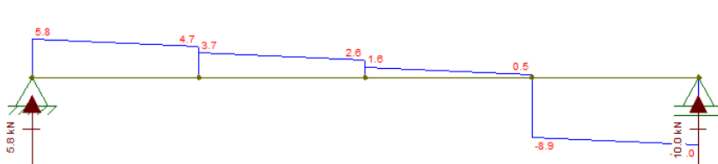
Estrutura



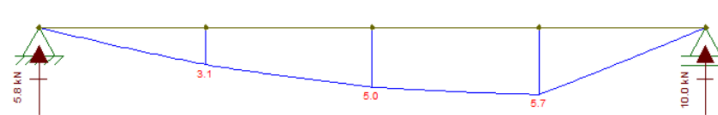
DEN



DEC



DMF



Deslocamentos

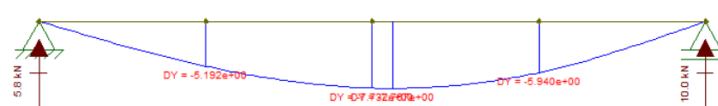
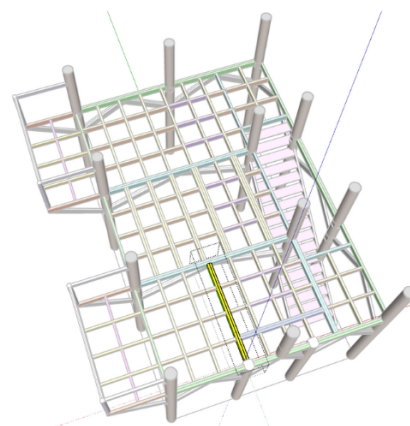


Imagem do 2º pavimento como um todo, com a Viga Secundária em análise destacada.

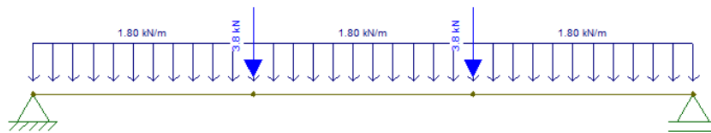


Fonte: Autoria Própria

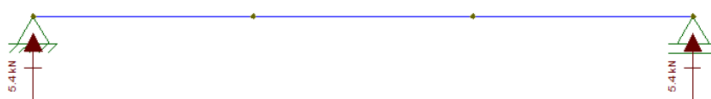
### 9.1.13 Segundo Pavimento – Viga Secundária Curta (ELU)

Figura 130 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias (ELU)

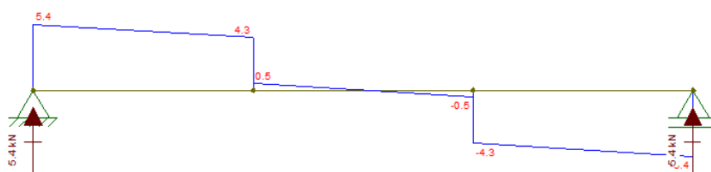
Estrutura



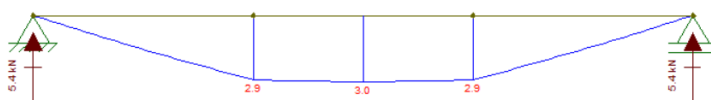
DEN



DEC



DMF



Deslocamentos

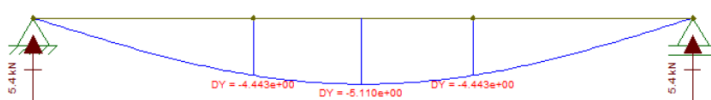
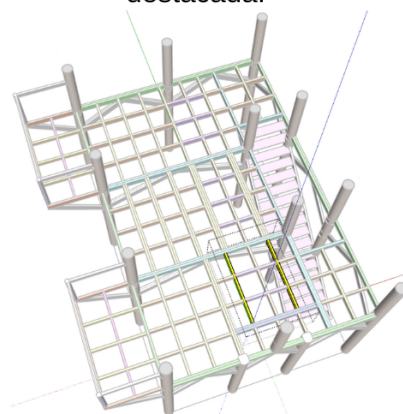


Imagem do 2º pavimento como um todo, com a Viga Secundária em análise destacada.



Fonte: Autoria Própria

### 9.1.14 Segundo Pavimento - Vigas Primárias Internas “Escada” (ELU)

Figura 131 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas curtas. (ELU)

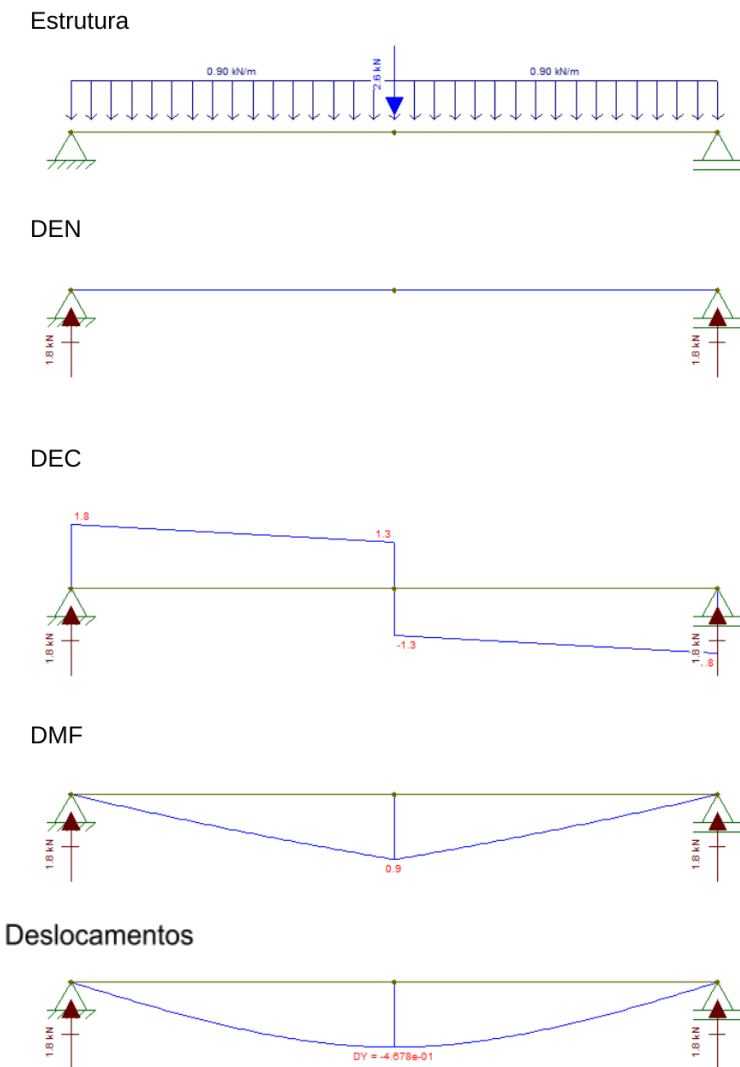
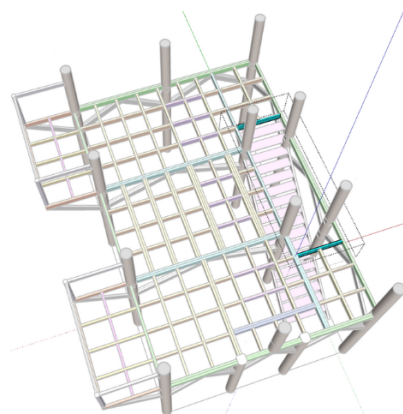


Imagem do 2º pavimento como um todo, com a Viga Primária Interna em análise destacada.



Fonte: Autoria Própria

**9.1.15 Segundo Pavimento – Vigas Primárias Internas “Aprox. 2,5m” (ELU)**

Figura 132 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas na direção norte-sul (ELU)

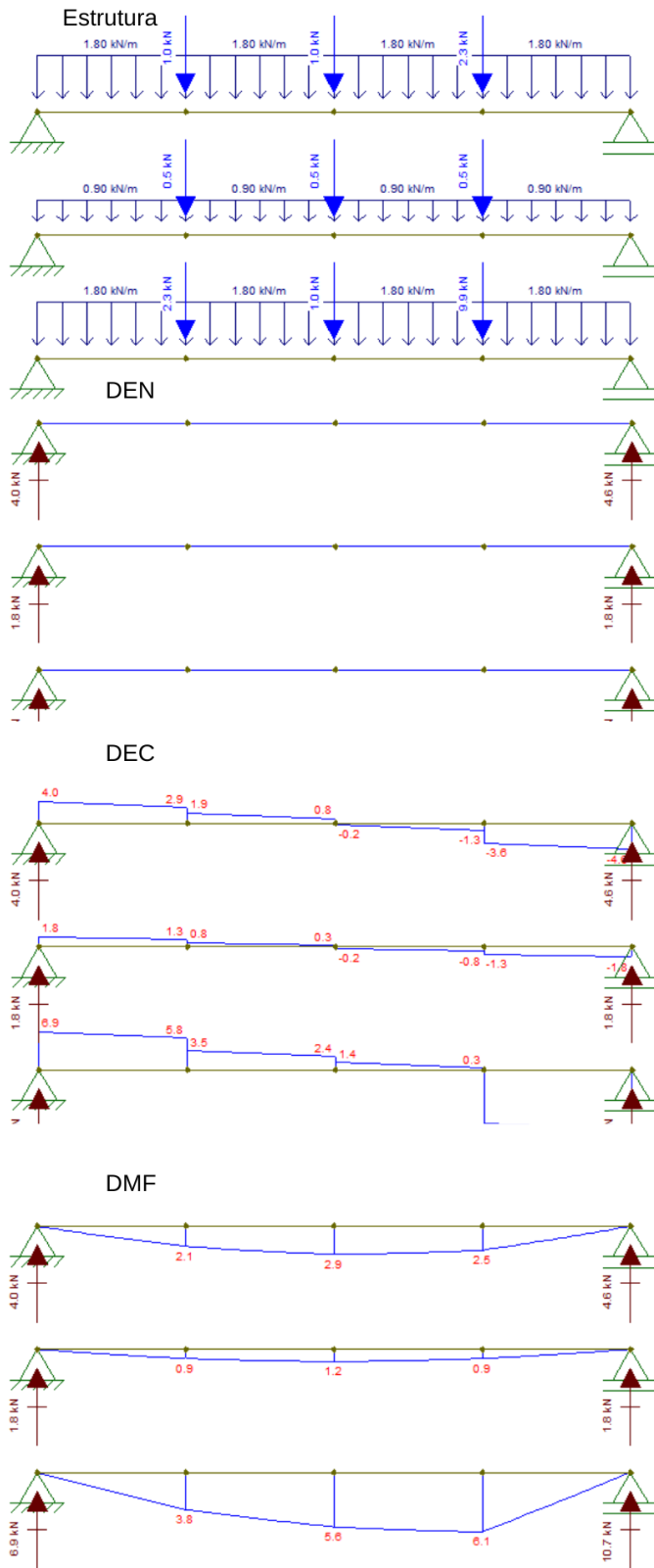
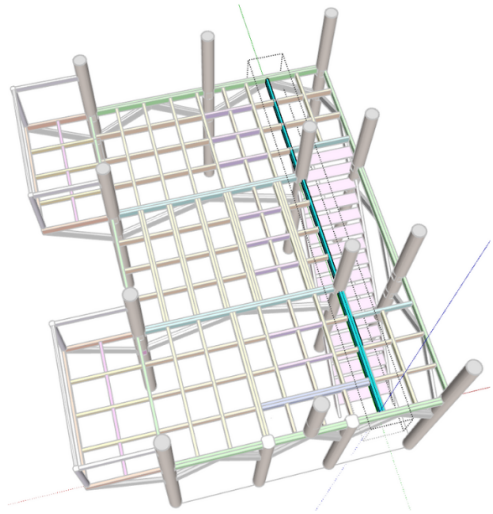
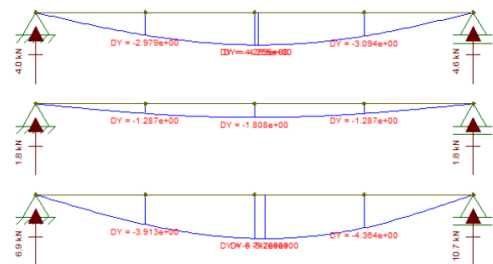


Imagem do 2º pavimento como um todo, com as três Vigas Secundária Especial 02 destacadas e numeradas na mesma ordem que foram dimensionadas no *Software Ftool*.



**Deslocamentos**



Fonte: Autoria Própria

**9.1.16 Escada analisada isoladamente (ELU)**

Figura 133 – Esquema e análises estruturais da escada, analisada de maneira isolada (ELU)

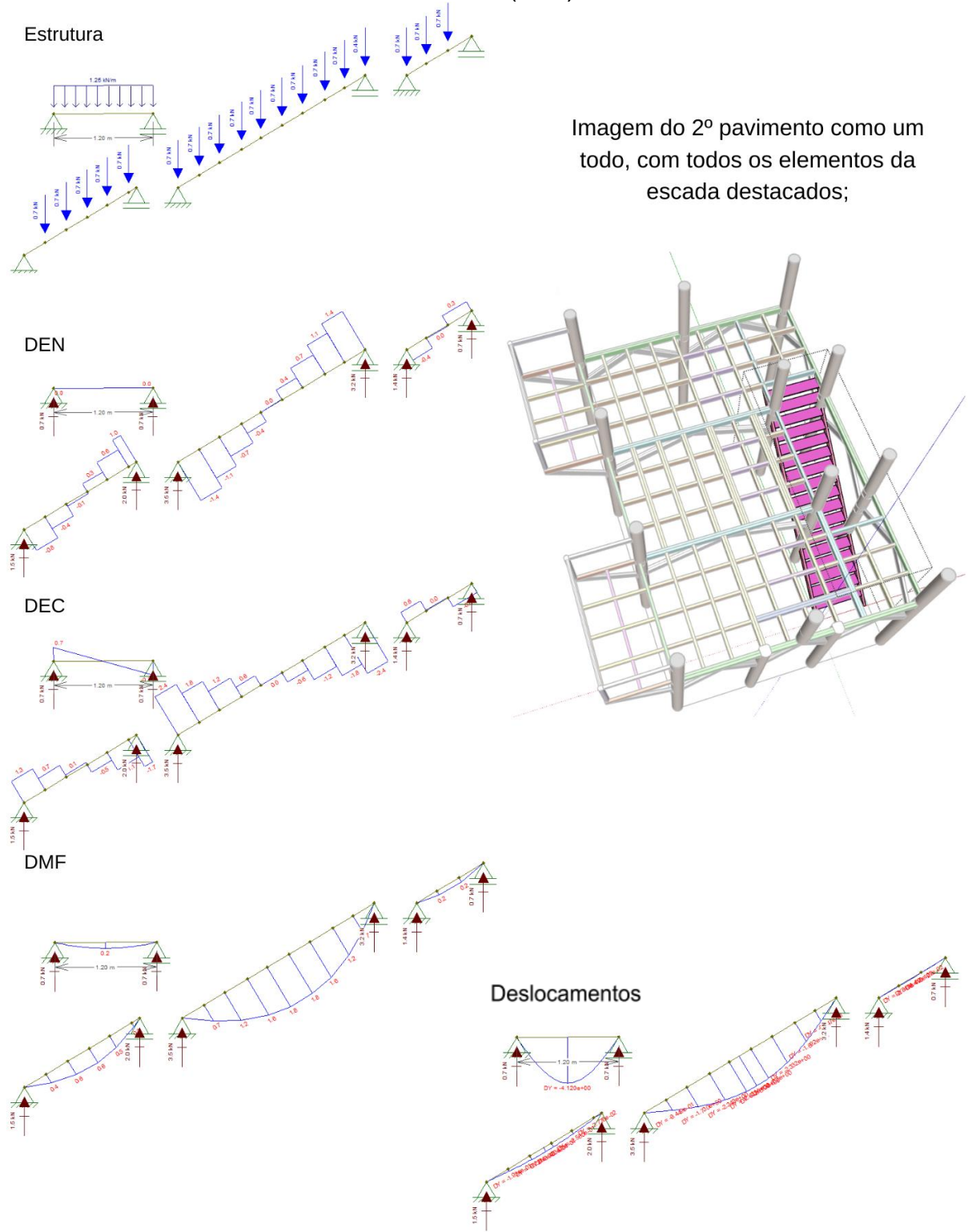
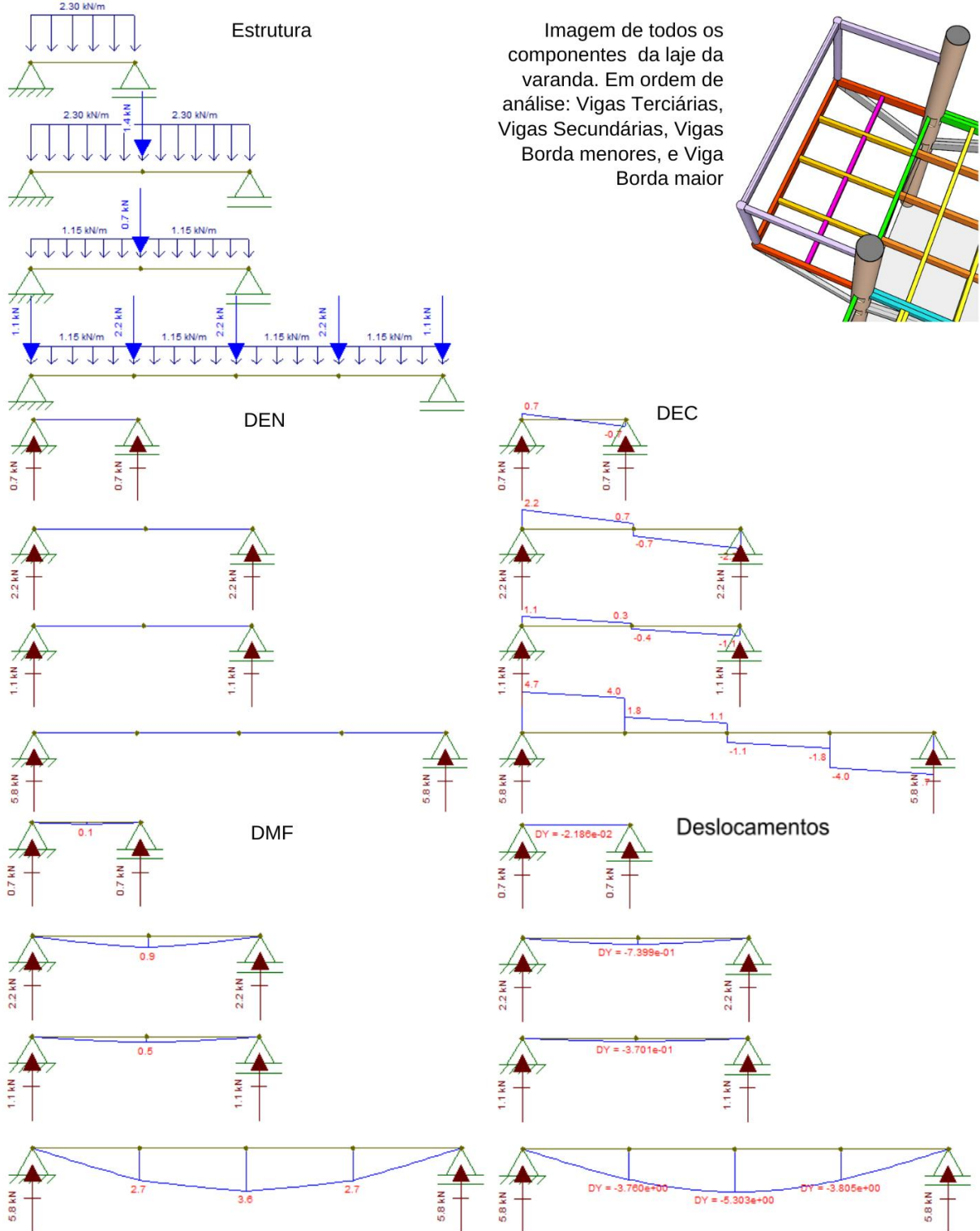


Imagem do 2º pavimento como um todo, com todos os elementos da escada destacados;

Fonte: Autoria Própria

9.1.17 Segundo Pavimento – Varandas (ELU)

Figura 134 – Esquema e análises estruturais das vigas da varanda (ELU)



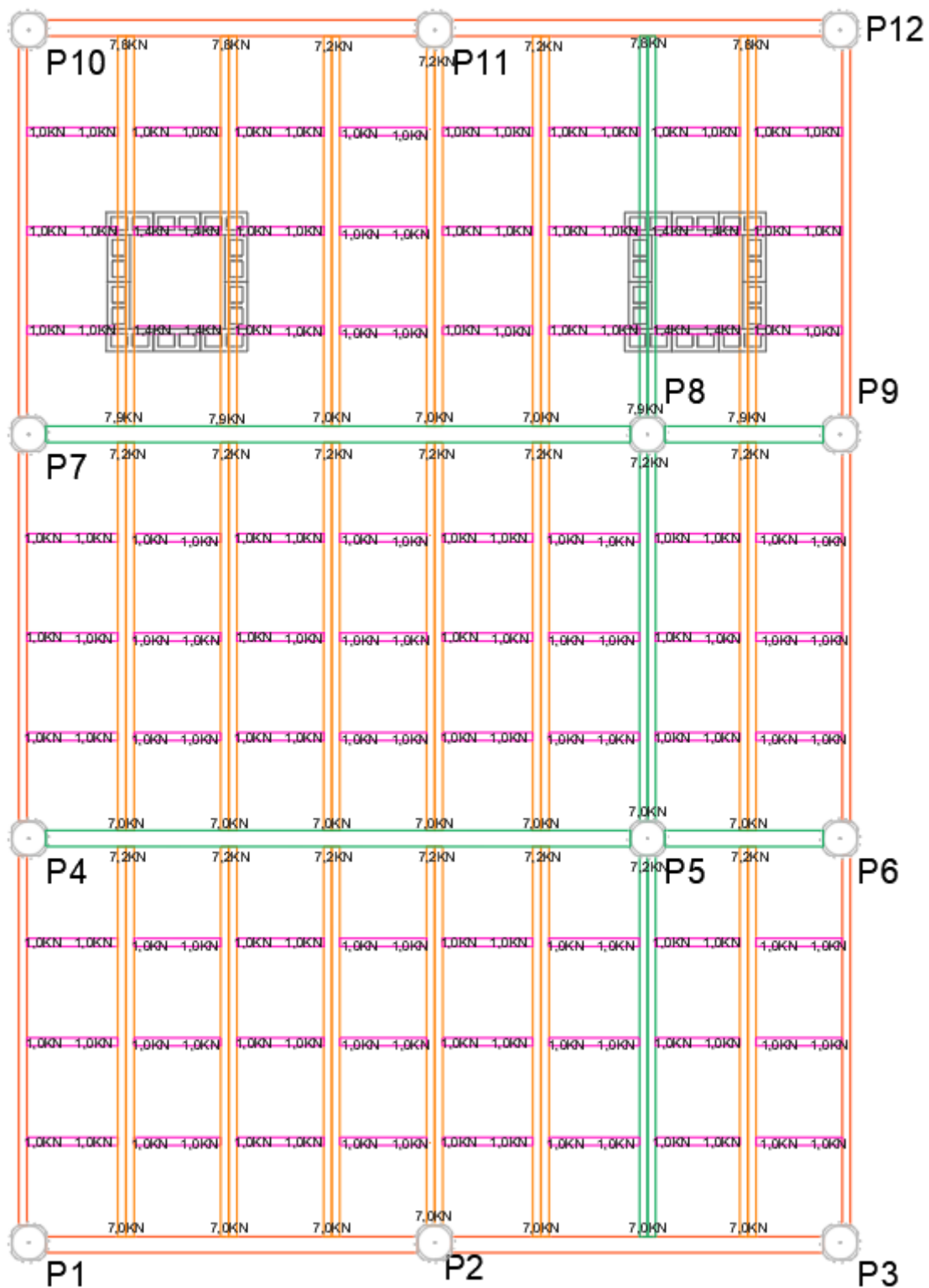
Fonte: Autoria Própria

### **9.1.18 Processo de Análise das vigas isoladas**

Essa etapa, como mencionada é a mais demorada e também a que mais exige atenção. Uma tática para facilitar o processo, foi a de, pelo *software AutoCad 2023*, na planta estrutural, ir inserindo as reações de apoio, que equivalem à transferência de carga da peça que apoia na seguinte. Segue uma foto para auxiliar na compreensão.

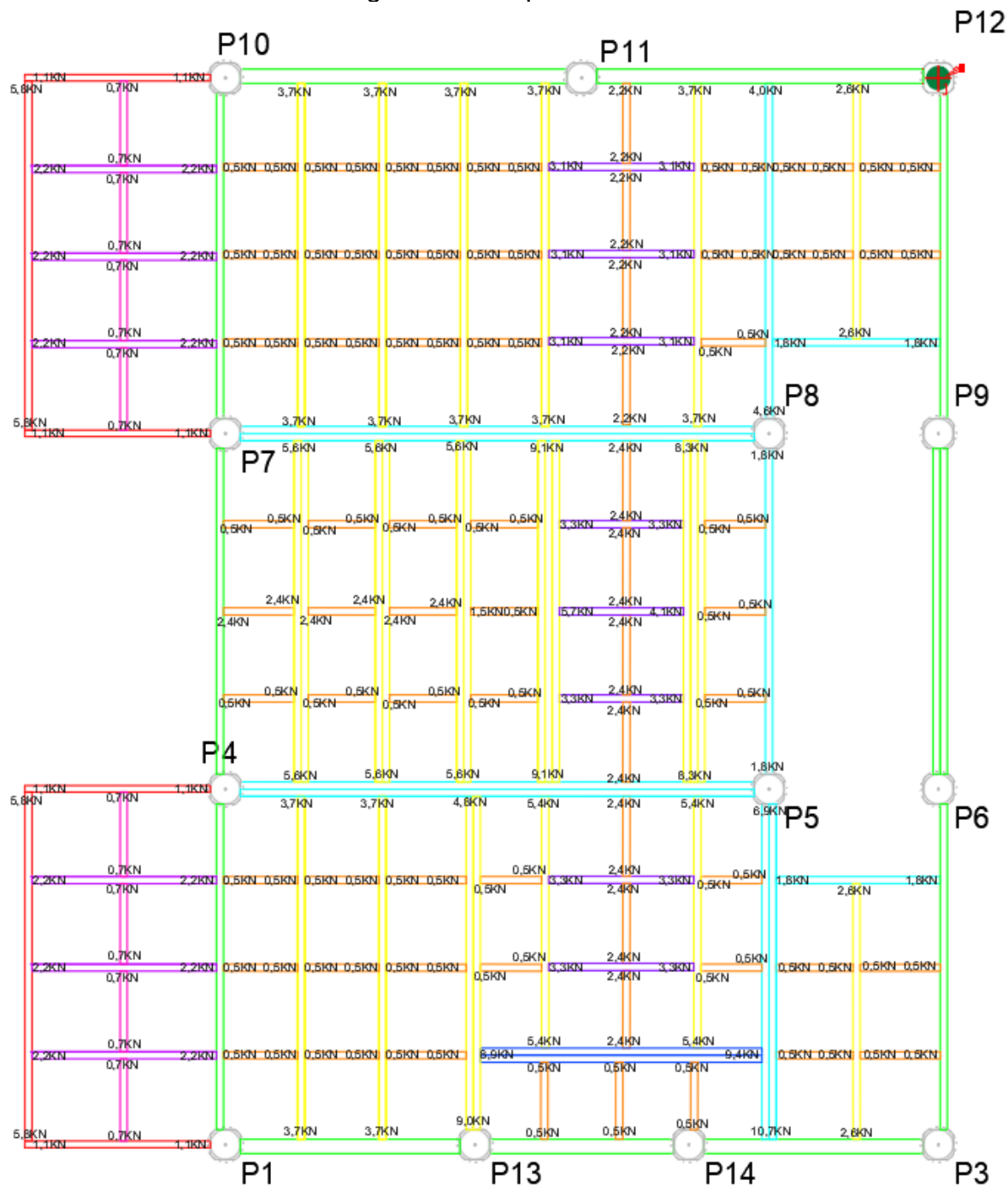


Figura 135 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos da cobertura para facilitar transferência de dados das vigas isoladas para as fachadas



Fonte: Autoria Própria

Figura 136 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos do 2º pavimento para facilitar transferência de dados das vigas isoladas para as fachadas



Fonte: Autoria Própria

Isso faz com que o autor não precise ficar conferindo nos Diagramas, que por ter uma quantidade elevada, seria fácil o mesmo se confundir.

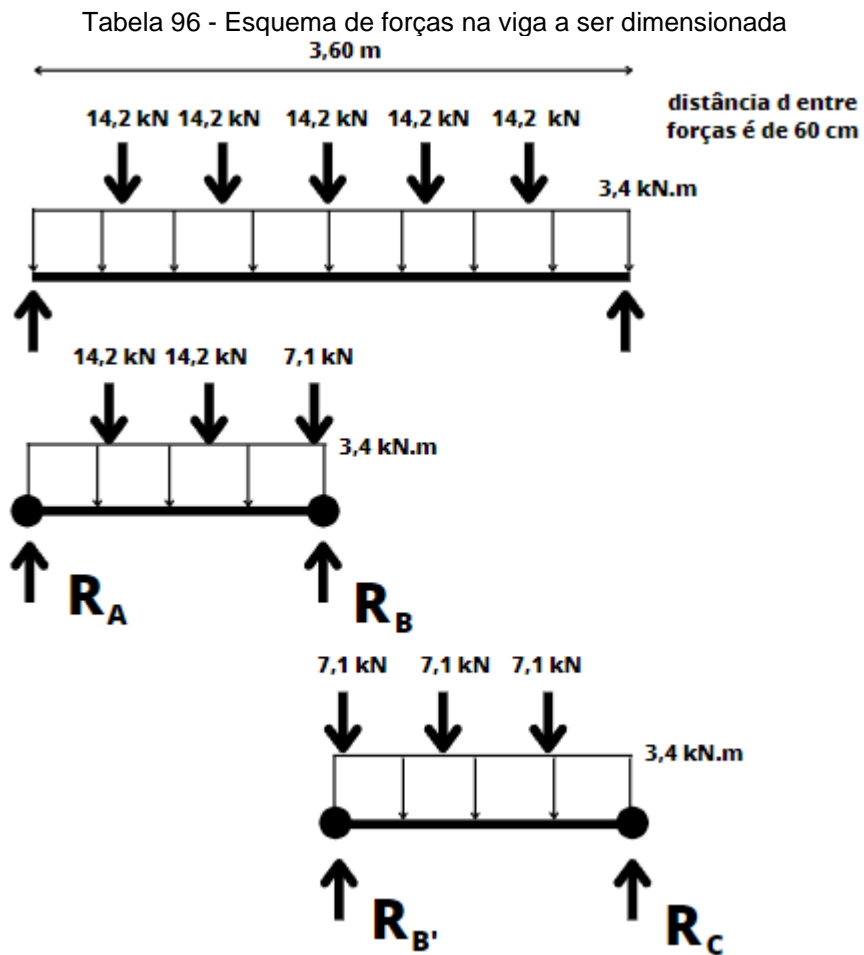
Nota que nas imagens anteriores, não foram consideradas as bordas. As mesmas foram consideradas na análise que retrata melhor a realidade, que é o estudo do pórtico inteiro, como segue adiante.

9.2 DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS VAGONADAS (ELU)

Refazendo o processo da etapa 2.5.1.3.4.1. As fórmulas utilizadas serão as 42 e 43. Com elas, é possível dimensionar a viga vagonada ou viga vagão.

9.2.1 Viga vagonada P4 P5 da cobertura

Seguem os cálculos da viga do pórtico P4 P5 da cobertura:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow (14,2 * 2) + 7,1 + (3,4 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 41,62 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -[(14,2 * 0,6) + (14,2 * 1,2) + (7,1 * 1,79) + (3,4 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 = 0 \rightarrow R_B = 24,32 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (7,1 * 0,01) + (14,2 * 0,6) + (14,2 * 1,2) + (3,4 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0 \rightarrow R_A = 17,3 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

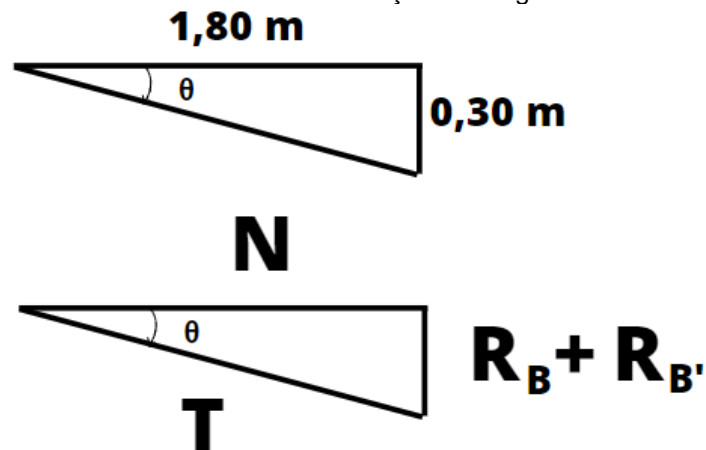
$$R_A + R_B = 15,3 + 10,9 = 41,62 \text{ (kN)}$$

Por simetria, as reações  $R_{B'}$  e  $R_C$  possuem os mesmos valores, ou seja:

$$R_B = R_{B'} = 24,32 \text{ kN e } R_A = R_C = 17,3 \text{ kN}$$

A força vertical total será o somatório de  $R_B$  com  $R_{B'}$ , e por semelhança de triângulos, deve-se achar a compressão que atua na viga. Sempre considerando um montante de 30cm, e considerando que as vigas analisadas serão sempre irmãs, ou seja, possuem comprimentos iguais, apesar de estarem em pórticos diferentes, pode se achar o ângulo formado entre viga e cabo de aço e suas relações geométricas seno e tangente.

Tabela 97 - Semelhança de triângulos



$$- R_B + R_{B'} = 48,64 \text{ kN}$$

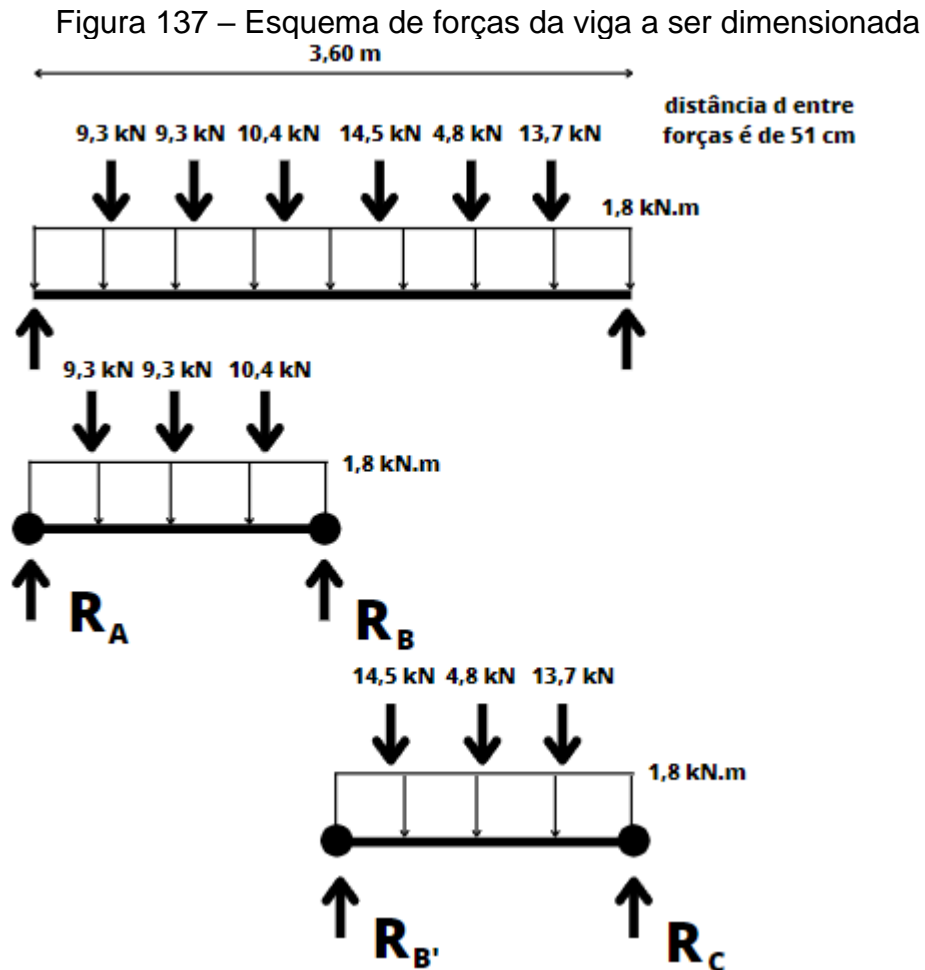
$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{48,64}{T} \rightarrow T = 292,57 \text{ kN}$$

$$- \operatorname{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{48,64}{N} \rightarrow N = 291,92 \text{ kN}$$

### 9.2.2 Viga vagonada P4 P5 do segundo pavimento

Seguem os cálculos da viga do pórtico P4 P5 do segundo pavimento:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow (9,3 * 2) + 10,4 + (1,8 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 32,24 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &\rightarrow -[(9,3 * 0,51) + (9,3 * 1,02) + (10,4 * 1,53) + (1,8 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 \\ &= 0 \rightarrow R_B = 18,47 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 &\rightarrow (10,4 * 0,27) + (9,3 * 0,77) + (9,3 * 1,27) + (1,8 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 \\ &= 0 \rightarrow R_A = 13,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_A + R_B = 13,7 + 18,5 = 32,24 \text{ (kN)}$$

Para a outra metade:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (14,5) + (4,8) + (13,7) + (1,8 * 1,8) = R_{B'} + R_C \rightarrow R_{B'} + R_C = 36,10 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B'} = 0 \rightarrow -[(14,5 * 0,257) + (4,8 * 0,771) + (13,7 * 1,285) + (1,8^2 * 0,9)] + R_C * 1,8 = 0 \rightarrow R_C = 15,5 \text{ kN}$$

$$\sum M_C = 0 \rightarrow (13,7 * 0,514) + (4,8 * 1,028) + (14,5 * 1,542) + (1,8 * 0,9) - R_{B'} * 1,8 = 0 \rightarrow R_{B'} = 20,6 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_{B'} + R_C = 20,6 + 15,5 = 36,10 \text{ (kN)}$$

$$- R_B + R_{B'} = 39,2 \text{ kN}$$

$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

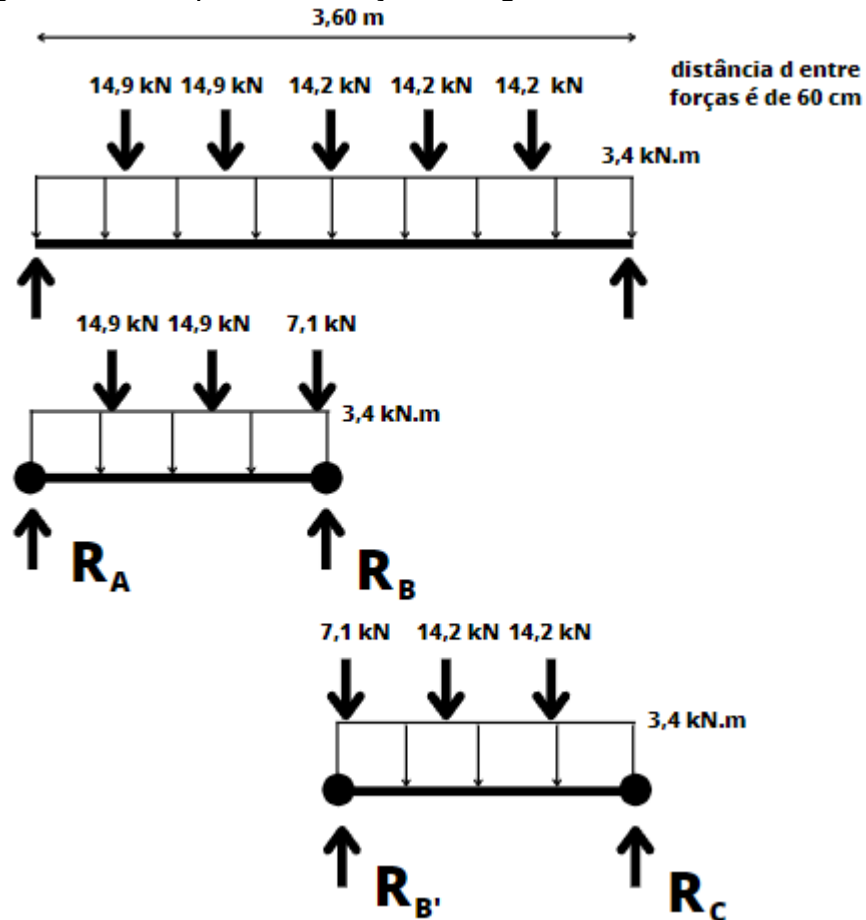
$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{39,2}{T} \rightarrow T = 238,5 \text{ kN}$$

$$- \text{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{39,2}{N} \rightarrow N = 235,2 \text{ kN}$$

### 9.2.3 Viga vagonada P7 P8 da cobertura

Seguem os cálculos da viga P7 P8 da cobertura:

Figura 138 - Esquema de forças da viga ser dimensionada



$$\sum F_y = 0 \rightarrow (14,9 * 2) + 7,1 + (3,4 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 43,02 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -[(14,9 * 0,6) + (14,9 * 1,2) + (7,1 * 1,79) + (3,4 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 = 0 \rightarrow R_B = 25,02 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (7,1 * 0,01) + (14,9 * 0,6) + (14,9 * 1,2) + (3,4 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0 \rightarrow R_A = 18 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_A + R_B = 18 + 25,02 = 43,02 \text{ (kN)}$$

A força vertical total será o somatório de  $R_B$  com  $R_{B'}$ , e por semelhança de triângulos, deve-se achar a compressão que atua na viga. Sempre considerando um montante de 30cm, e considerando que as vigas analisadas serão sempre irmãs, ou

seja, possuem comprimentos iguais, apesar de estarem em pórticos diferentes, pode se achar o ângulo formado entre viga e cabo de aço e suas relações geométricas seno e tangente.

$$- R_B + R_{B'} = 49,34 \text{ kN}$$

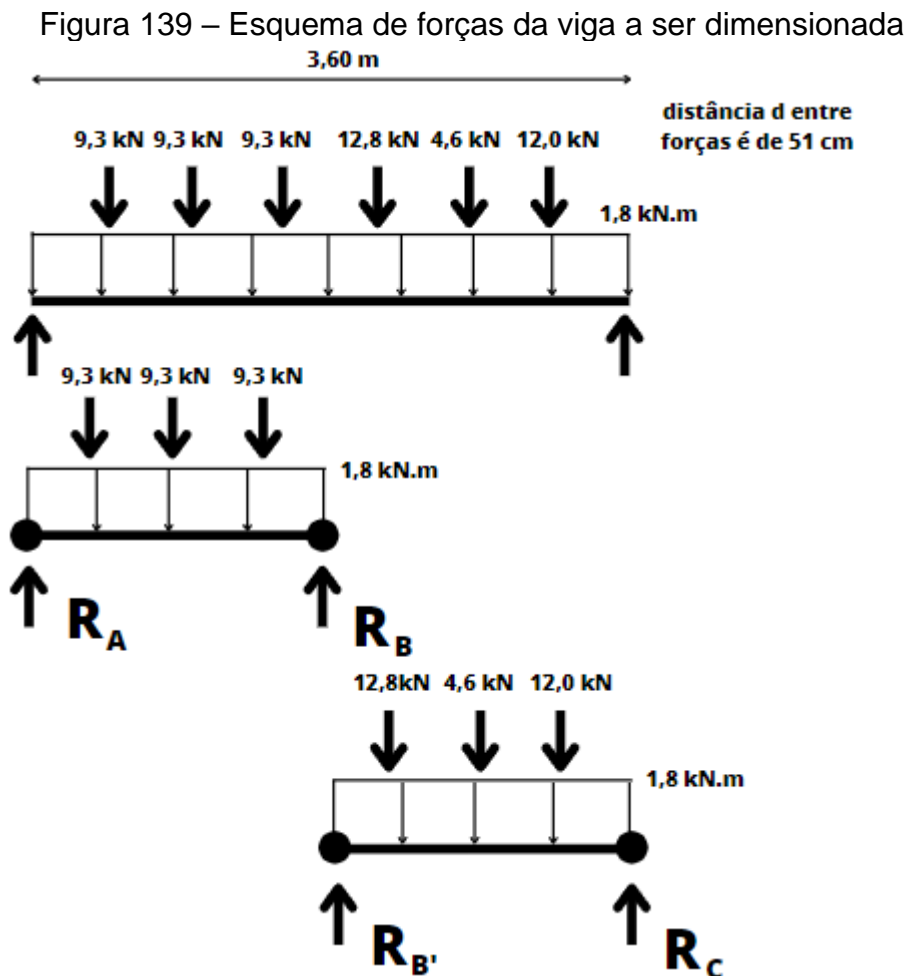
$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{49,34}{T} \rightarrow T = 300,2 \text{ kN}$$

$$- \text{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{31,41}{N} \rightarrow N = 296,12 \text{ kN}$$

#### 9.2.4 Viga vagonada P7 P8 do segundo pavimento

Seguem os cálculos da viga P7 P8 do segundo pavimento:





$$\sum F_y = 0 \rightarrow (9,3 * 3) + (1,8 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 31,1 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0 &\rightarrow -[(9,3 * 0,514) + (9,3 * 1,03) + (9,3 * 1,53) + (1,8 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 \\ &= 0 \rightarrow R_B = 17,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B = 0 &\rightarrow (9,3 * 0,26) + (9,3 * 0,7) + (9,3 * 1,27) + (1,8 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0 \\ &\rightarrow R_A = 13,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_A + R_B = 13,57 + 17,55 = 31,1 \text{ (kN)}$$

Para a outra metade:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (12,8) + (4,6) + (12) + (1,8 * 1,8) = R_{B'} + R_C \rightarrow R_{B'} + R_C = 32,6 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{B'} = 0 &\rightarrow -[(12,8 * 0,27) + (4,6 * 0,77) + (12 * 1,28) + (1,8^2 * 0,9)] + R_C * 1,8 = 0 \\ &\rightarrow R_C = 13,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_C = 0 &\rightarrow (12 * 0,51) + (4,6 * 1,02) + (12,8 * 1,53) + (1,8^2 * 0,9) - R_{B'} * 1,8 = 0 \\ &\rightarrow R_{B'} = 18,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_{B'} + R_C = 18,64 + 13,98 = 32,62 \text{ (kN)}$$

$$- R_B + R_{B'} = 17,5 + 18,64 = 36,19 \text{ kN}$$

$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{36,19}{T} \rightarrow T = 220,18 \text{ kN}$$

$$- \text{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{36,19}{N} \rightarrow N = 217,2 \text{ kN}$$

Agora, serão inseridos esses valores no modelo do software Ftool para analisar em conjunto o sistema criado.

### 9.3 ANÁLISES DOS PÓRTICOS CONTIDOS NA DIREÇÃO LESTE-OESTE

#### 9.3.1 Pórtico P4 P5 P6 com Vento Leste (ELU)

Figura 140 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste 01 (ELU)

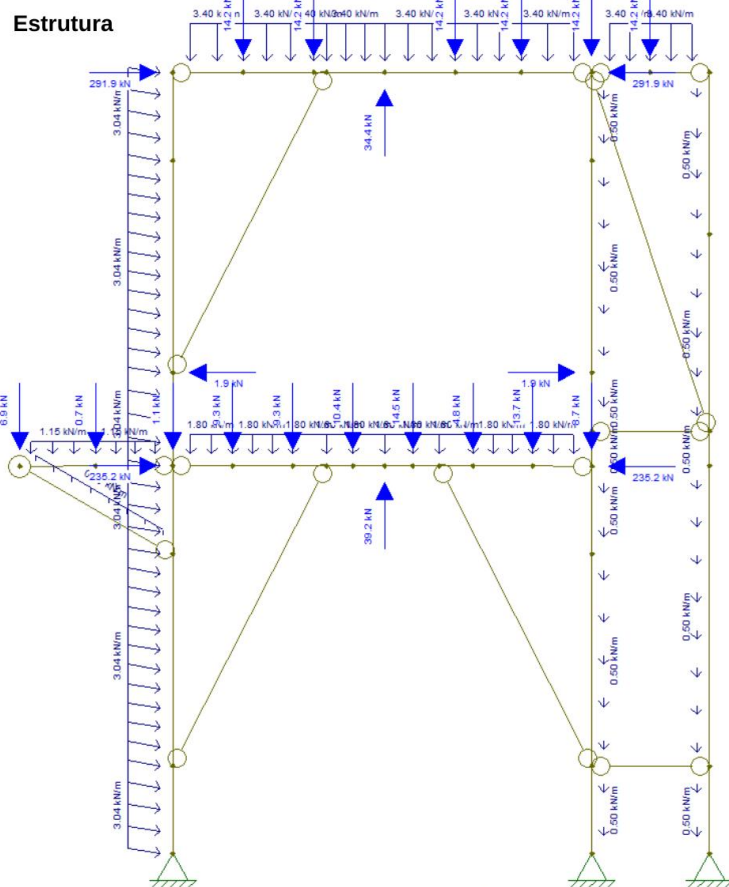
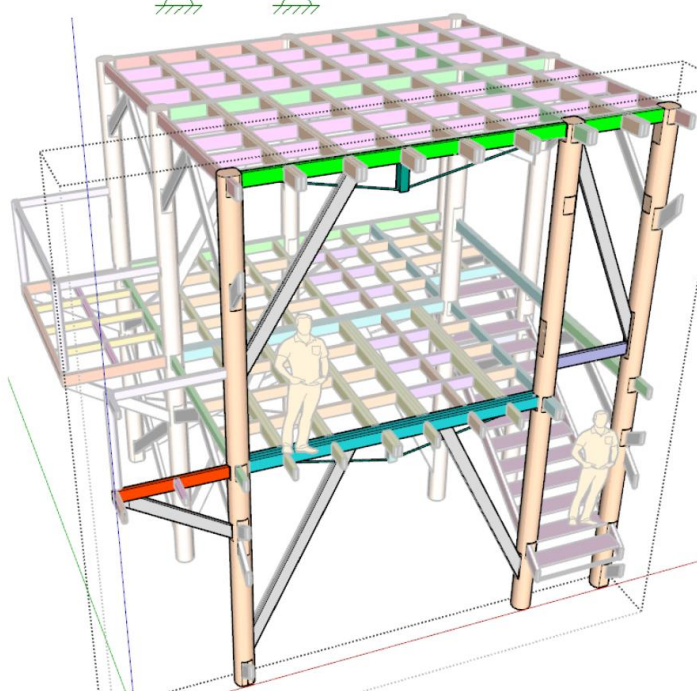
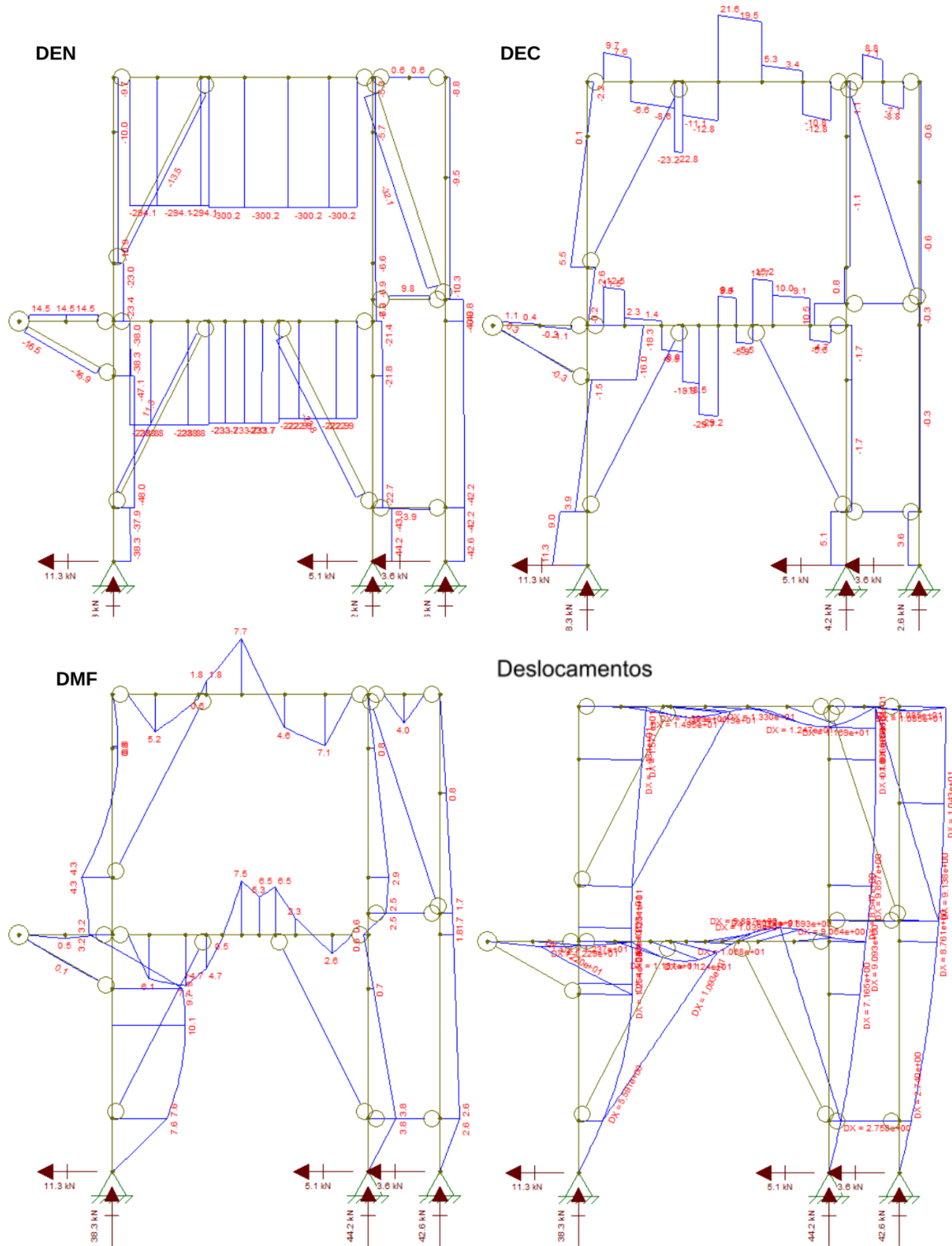


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 141 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.3.2 Fachada P4 P5 P6 com Vento Oeste (ELU)

Figura 142 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Oeste 01 (ELU)

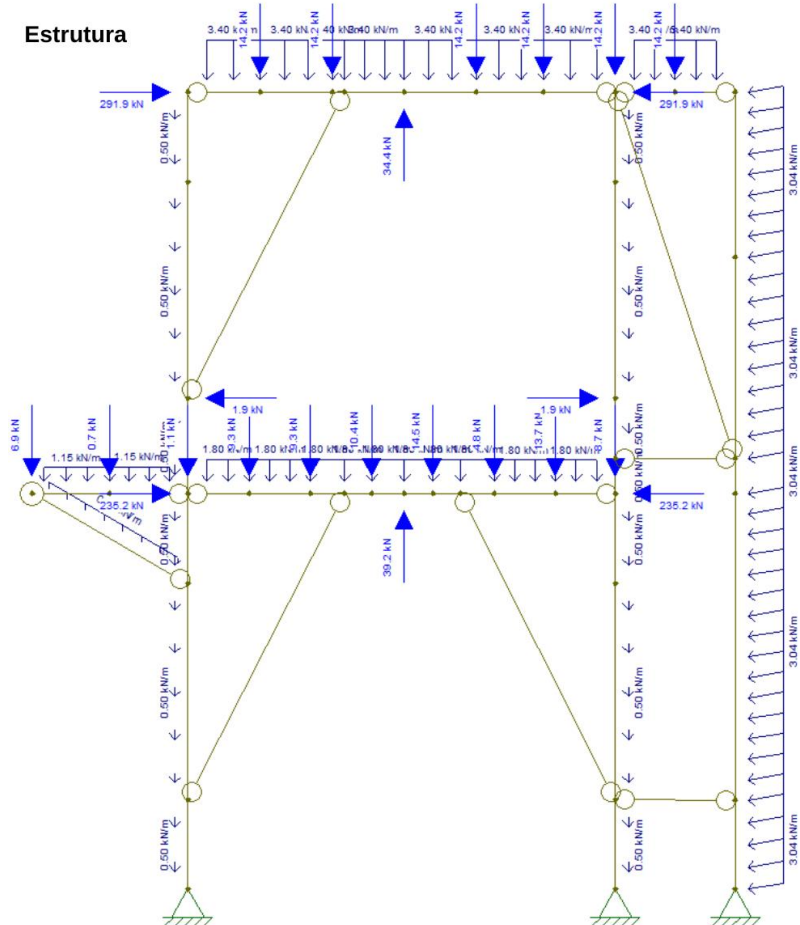
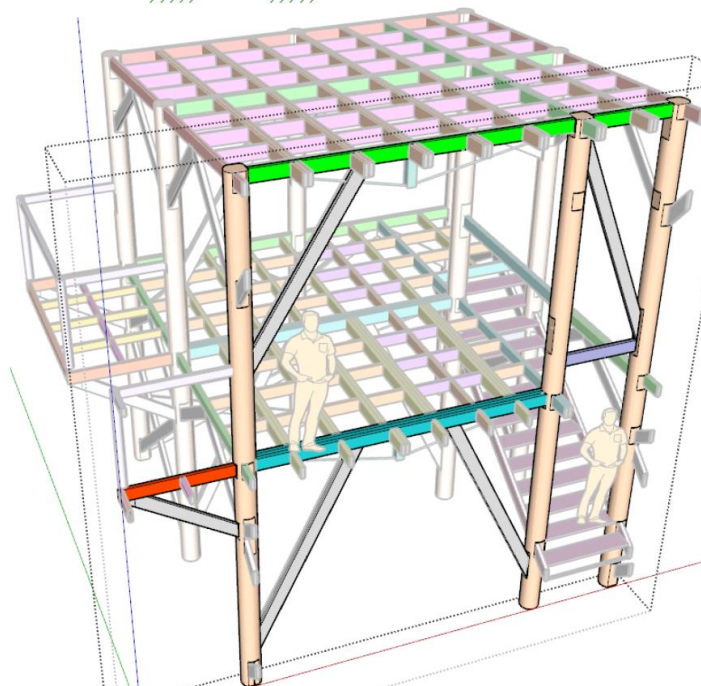


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria



### 9.3.3 Fachada P7 P8 P9 com Vento Leste (ELU)

Figura 144 – Esquema estrutural do pórtico P7 P8 P9 com vento Leste 01 (ELU)

Estrutura

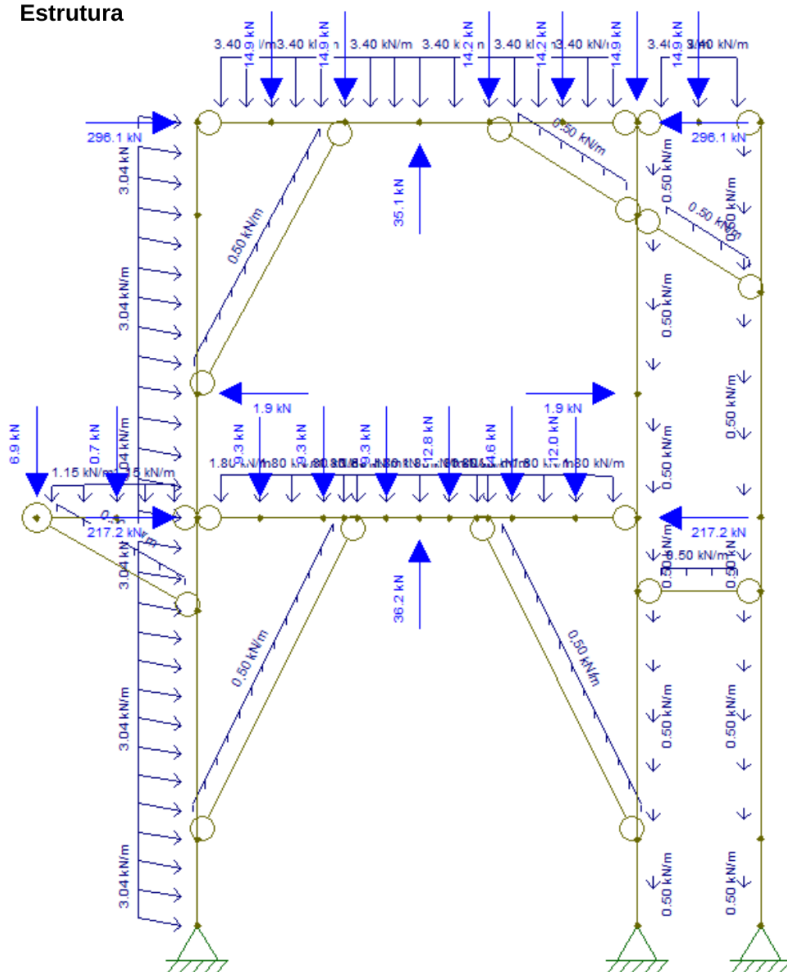
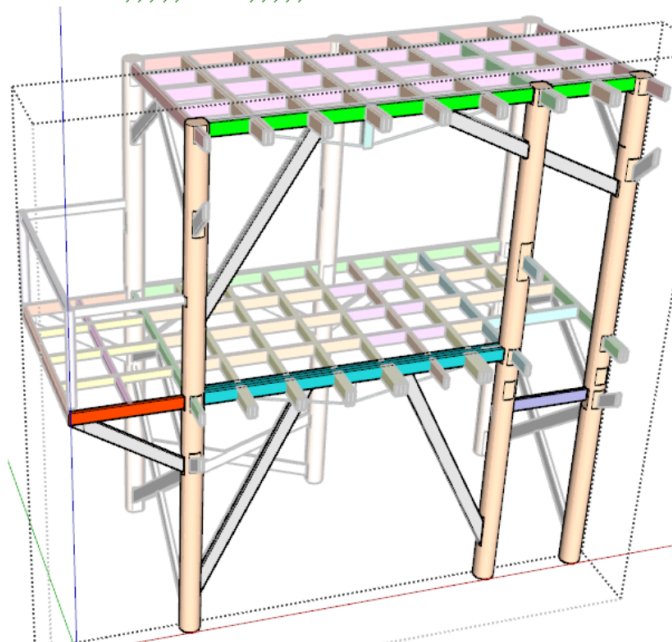
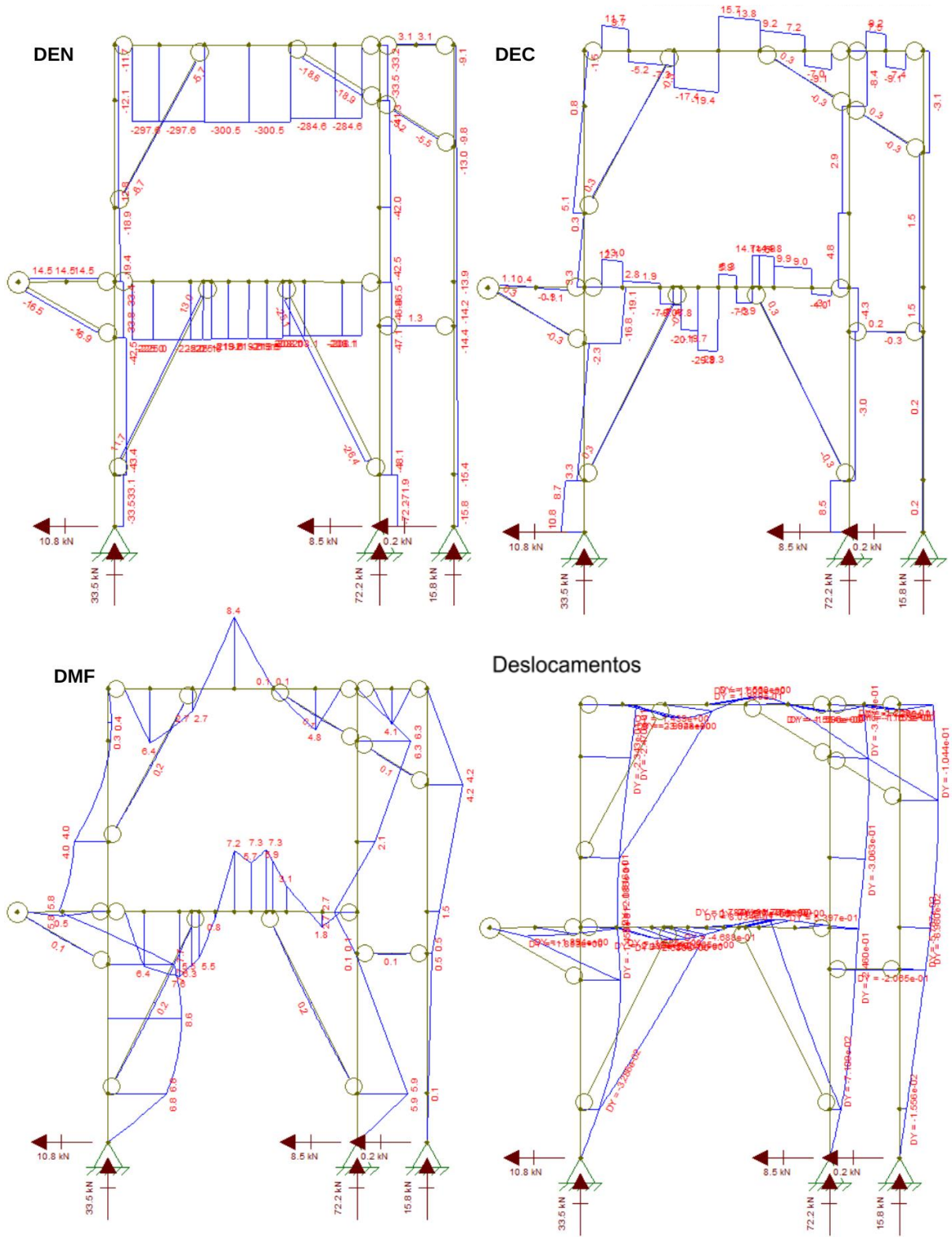


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 145 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Leste 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.3.4 Fachada P7 P8 P9 com Vento Oeste (ELU)

Figura 146 – Esquema estrutural do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste 01 (ELU)

Estrutura

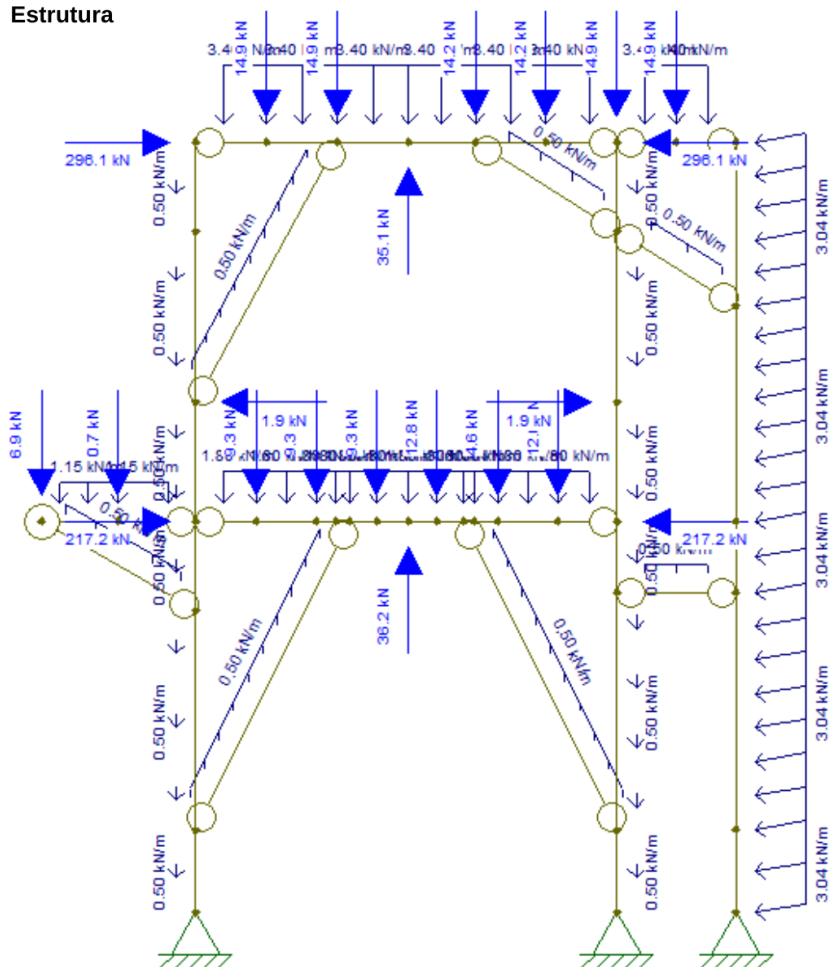
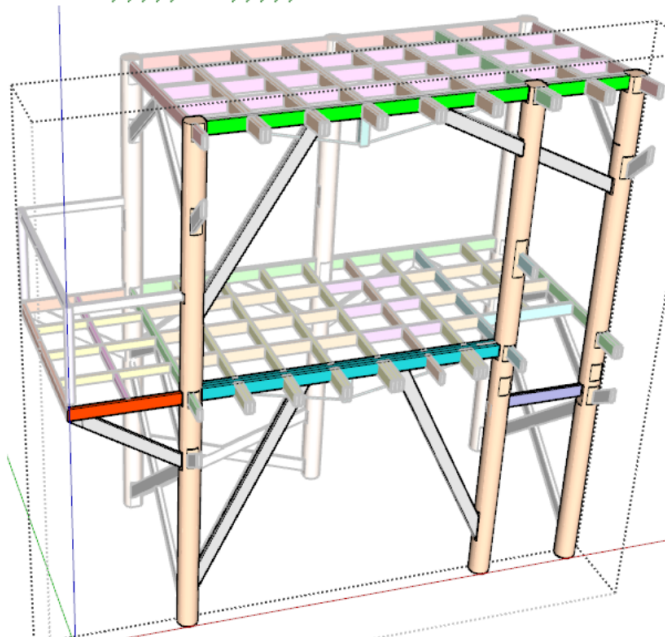


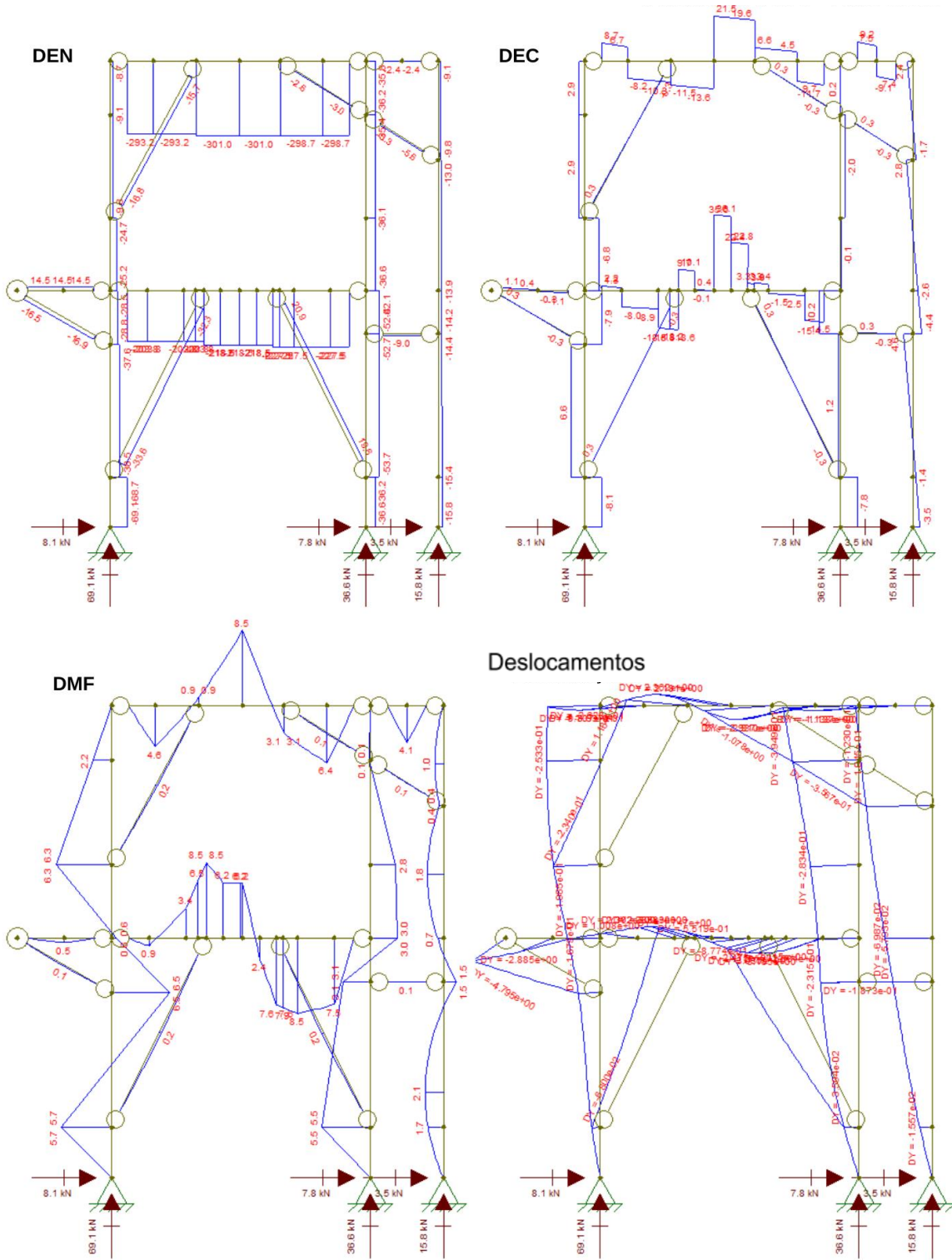
Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria



Figura 147 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.3.5 Fachada Sul com Vento Leste (ELU)

Figura 148 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Leste 01 (ELU)

Estrutura

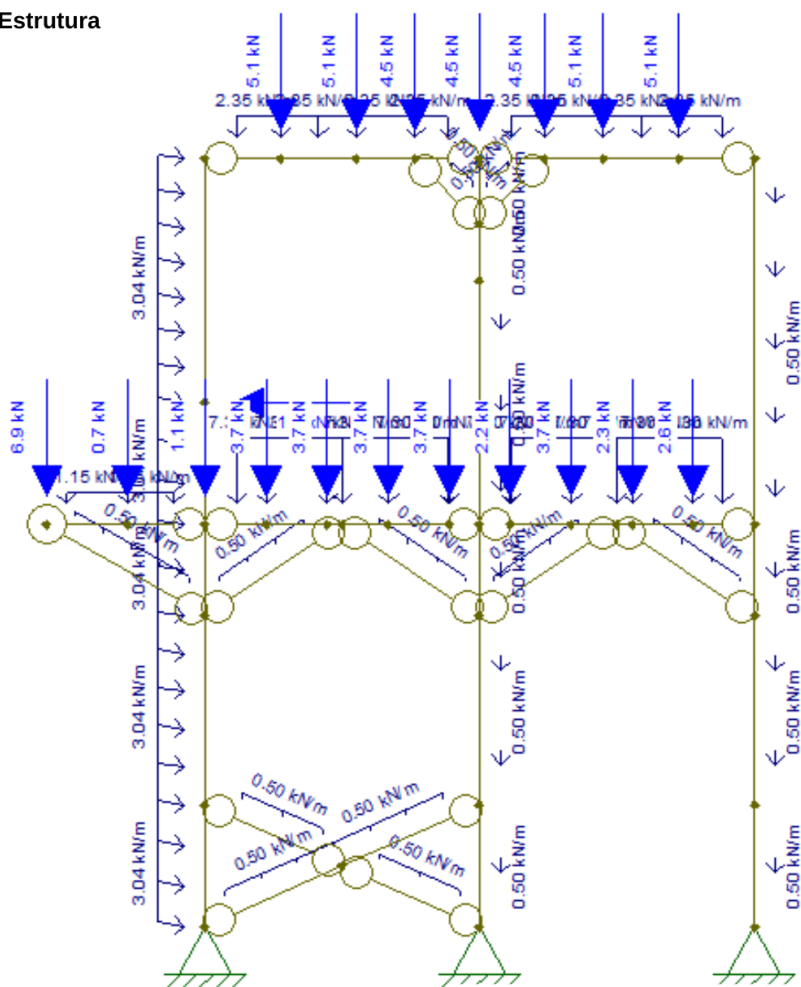
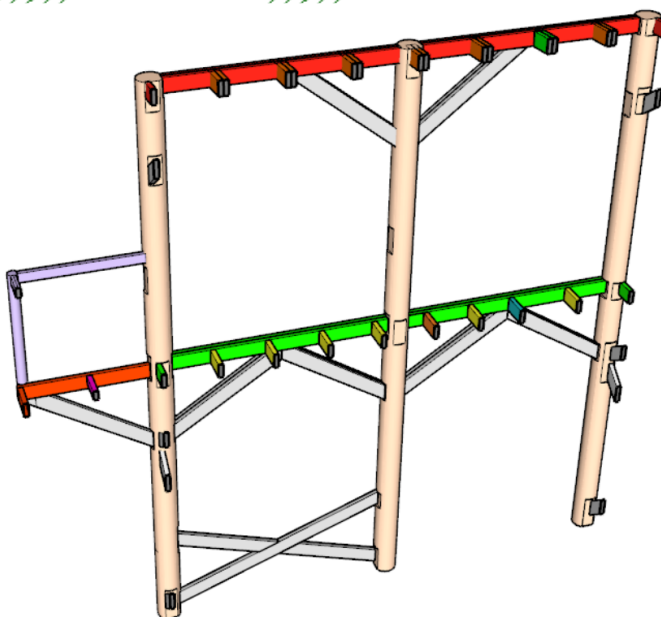
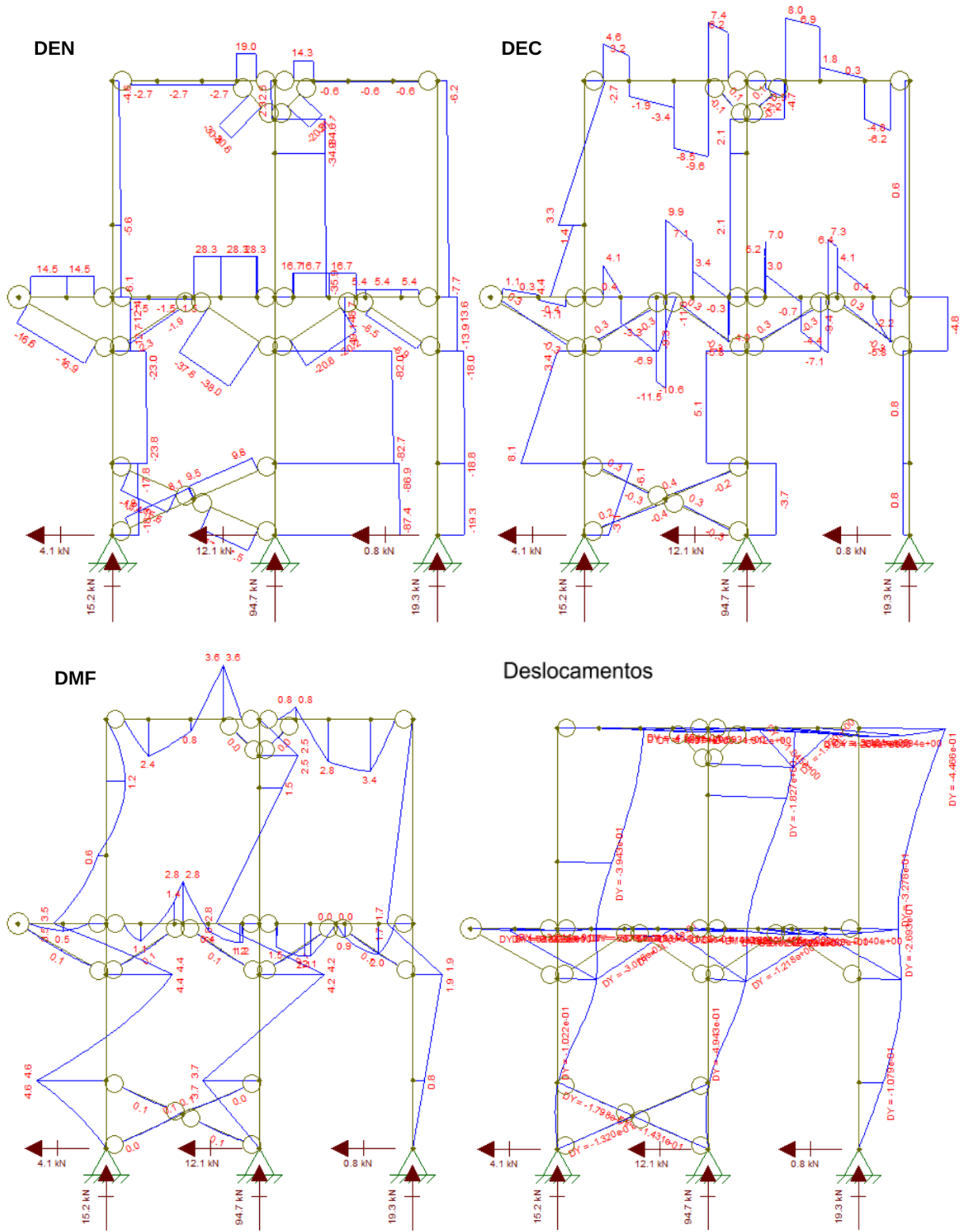


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 149 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Leste O2 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.3.6 Fachada Sul com Vento Oeste (ELU)

Figura 150 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Oeste 01 (ELU)

Estrutura

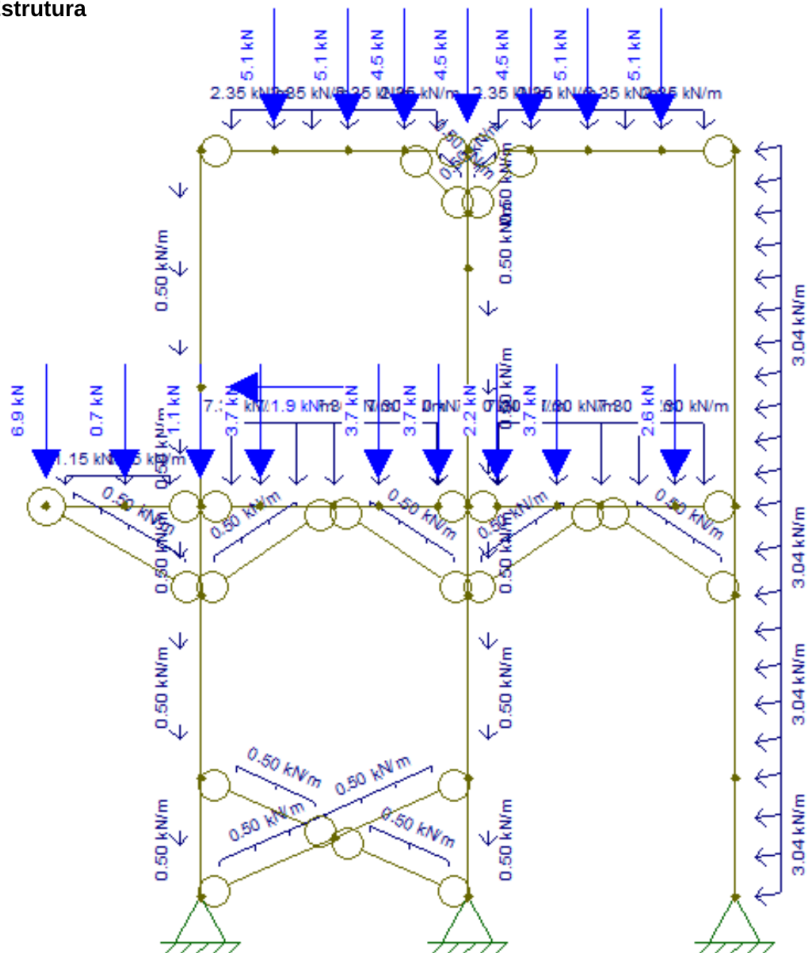
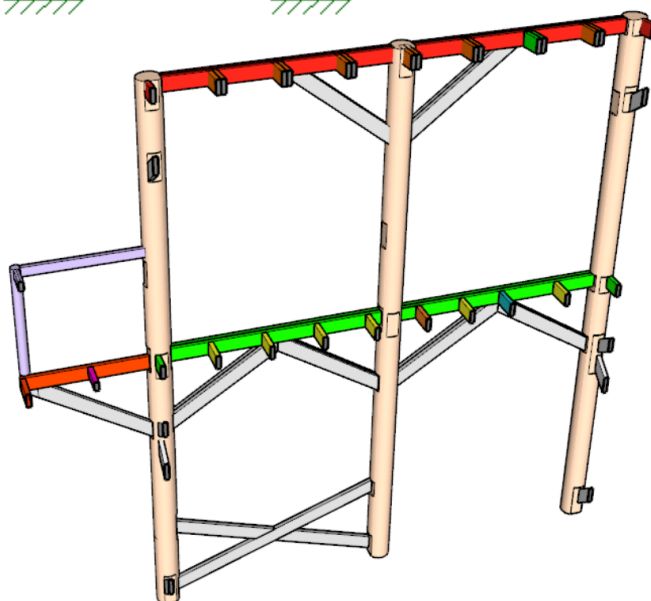
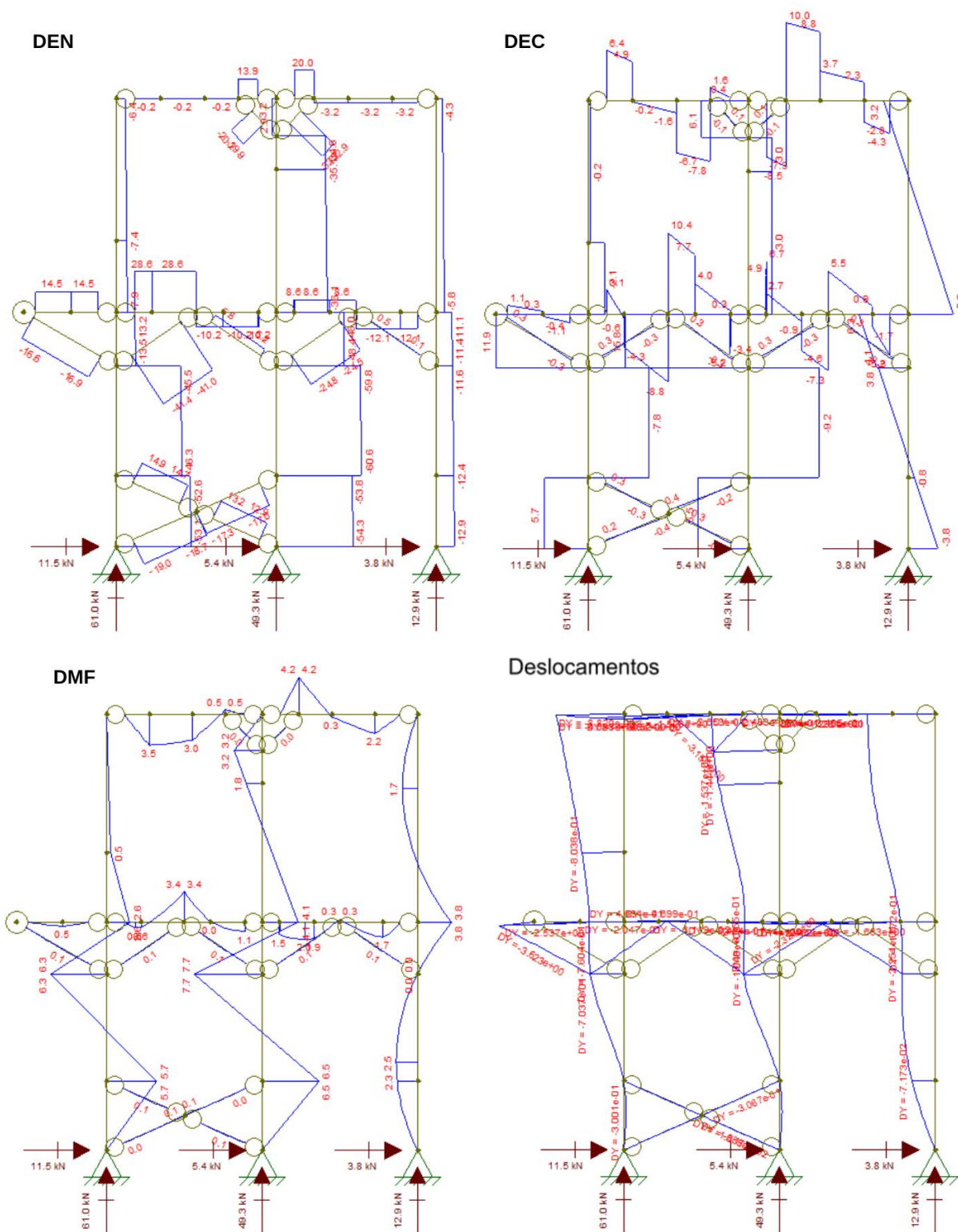


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 151 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Oeste 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.3.7 Fachada Norte com Vento Leste (ELU)

Figura 152 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Leste 01 (ELU)

Estrutura

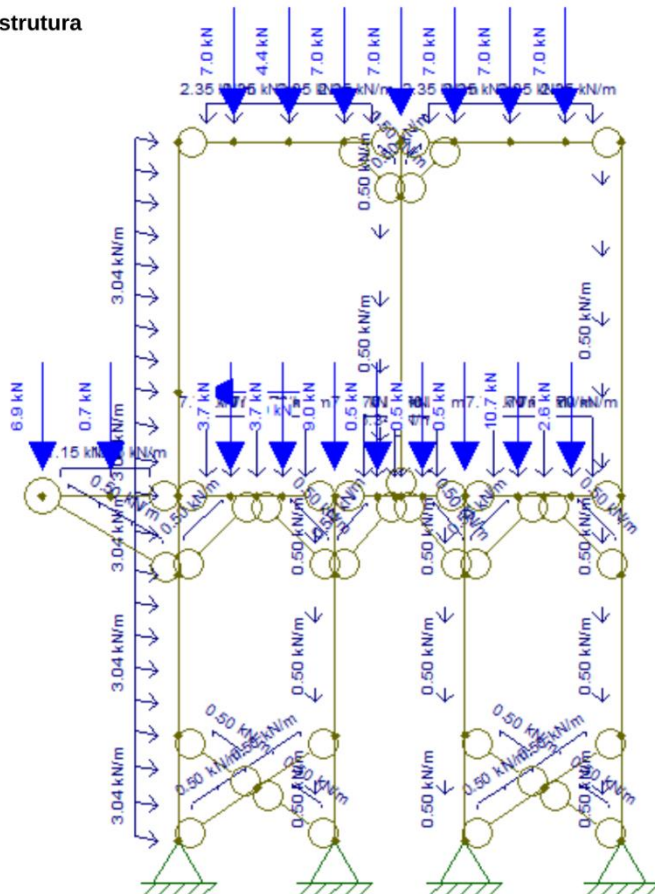
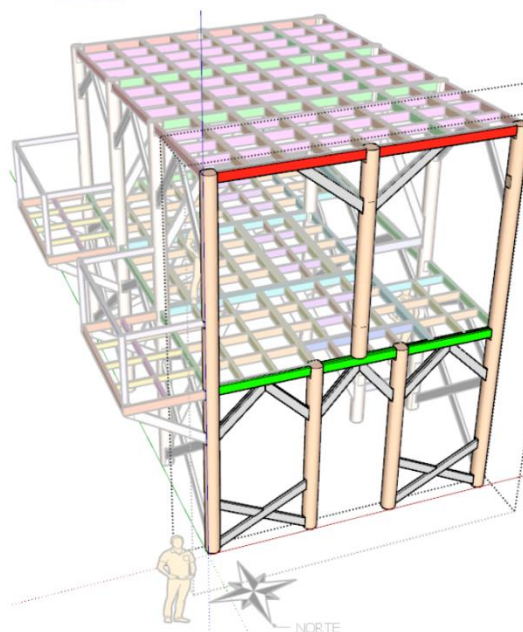
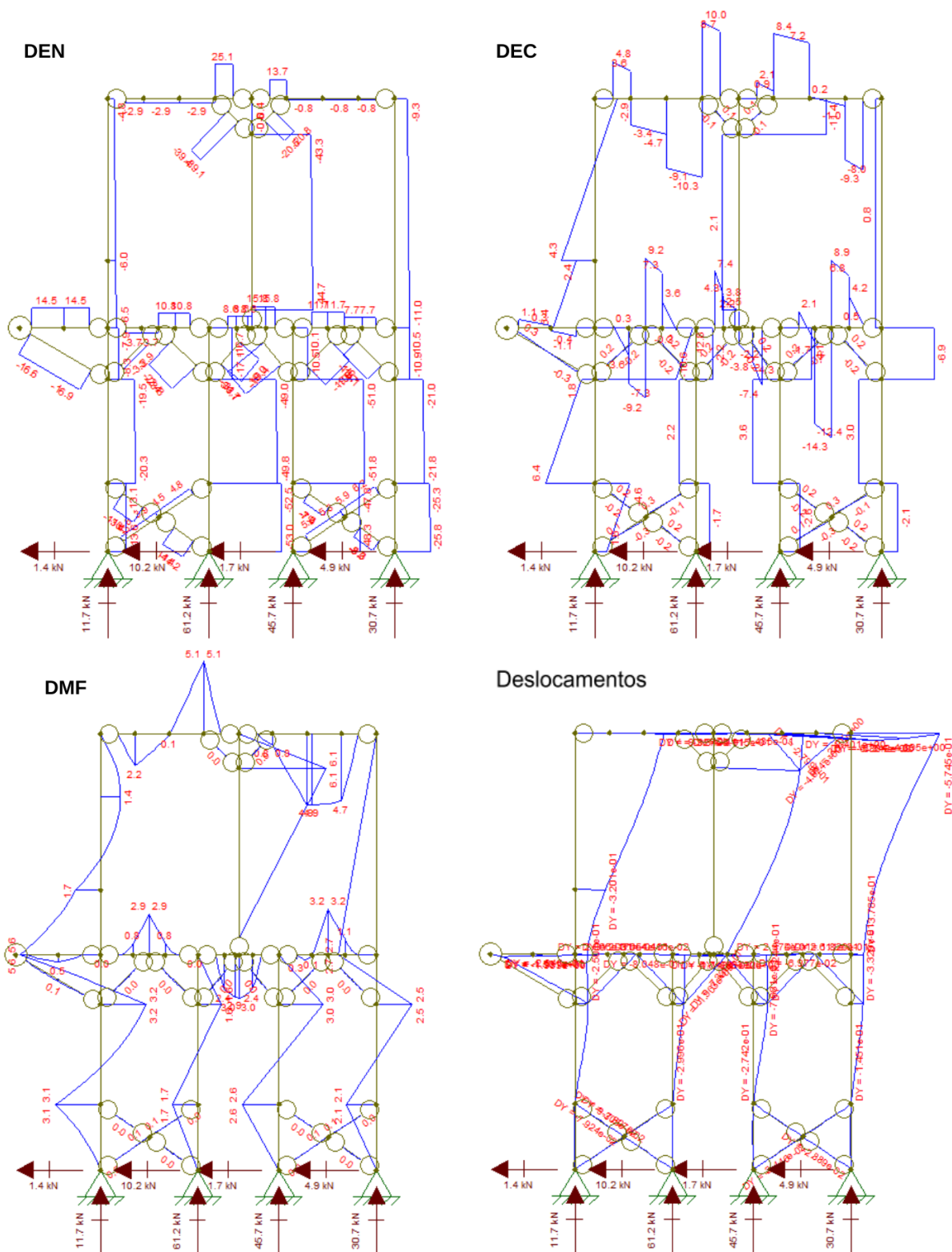


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 153 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Leste O2 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.3.8 Fachada Norte com Vento Oeste (ELU)

Figura 154 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Oeste 01 (ELU)

Estrutura

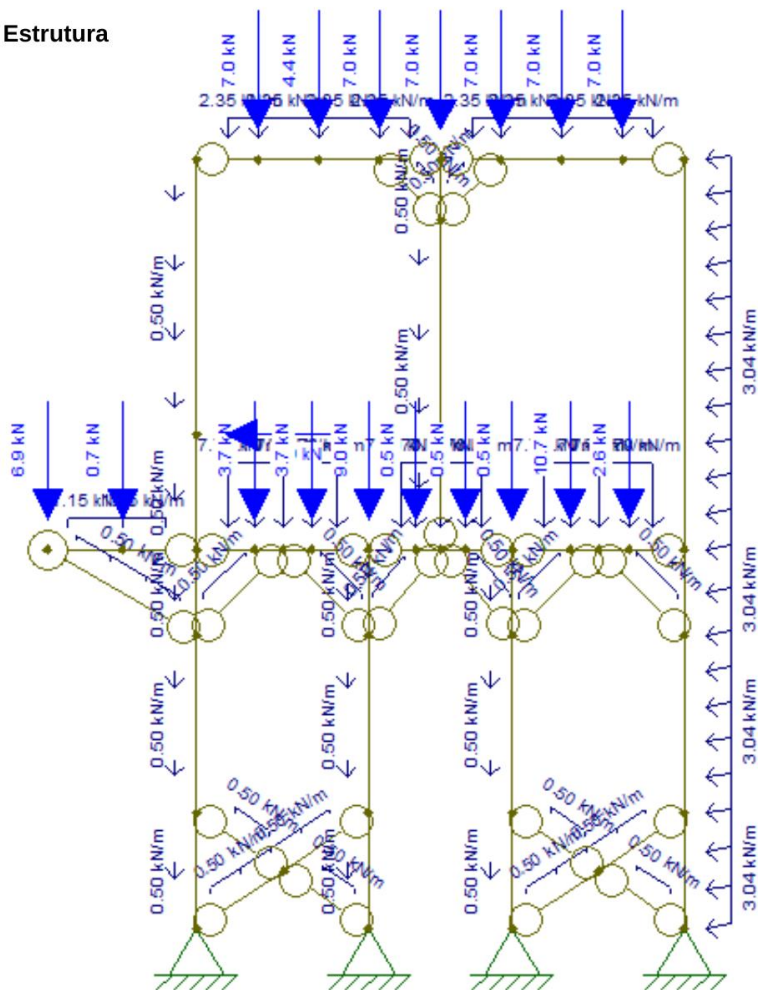
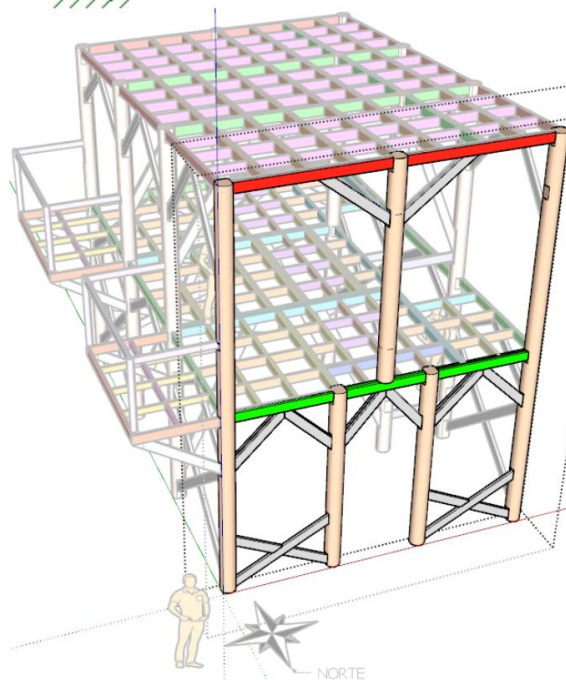


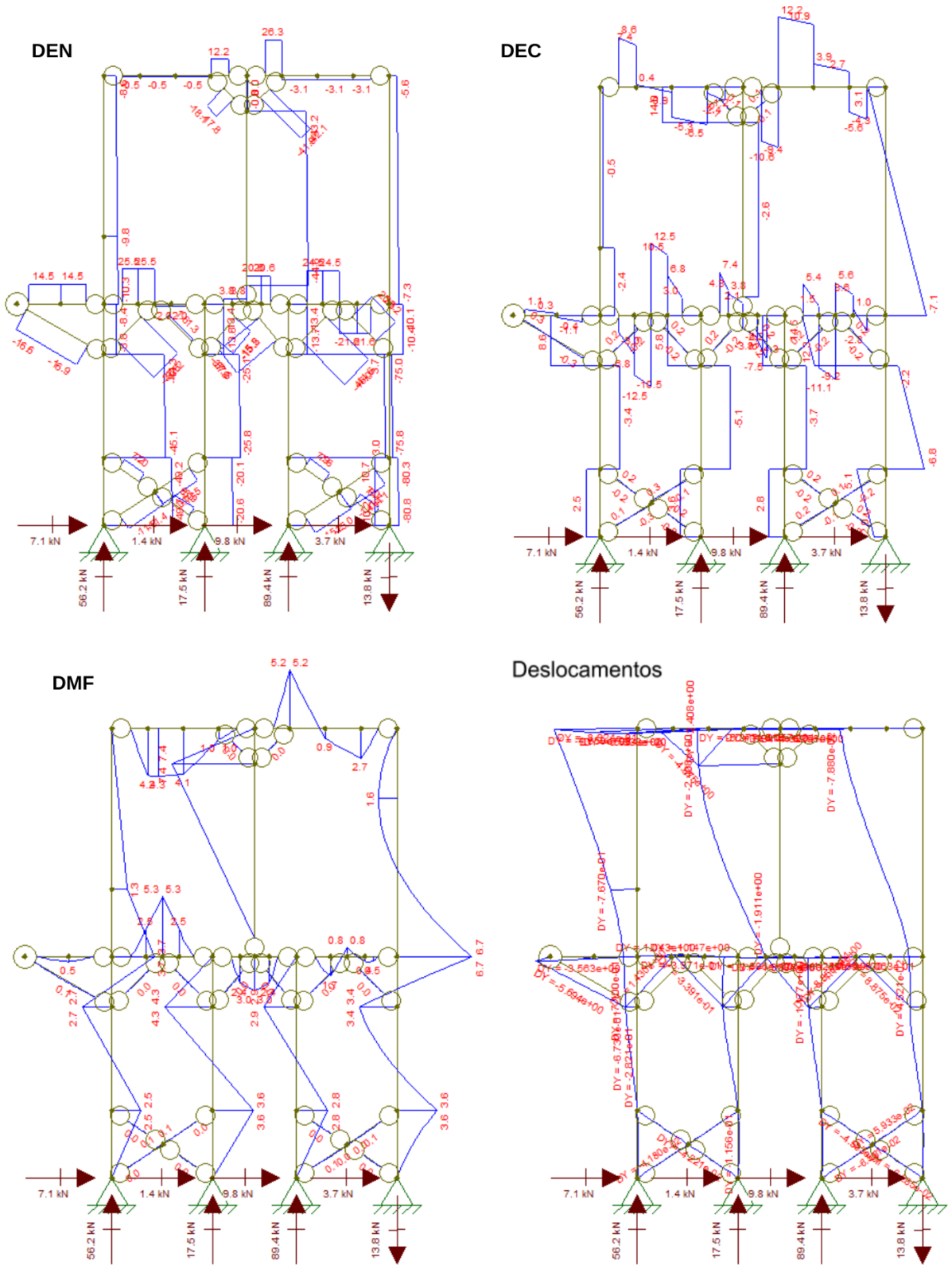
Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria própria



Figura 155 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Oeste 02 (ELU)



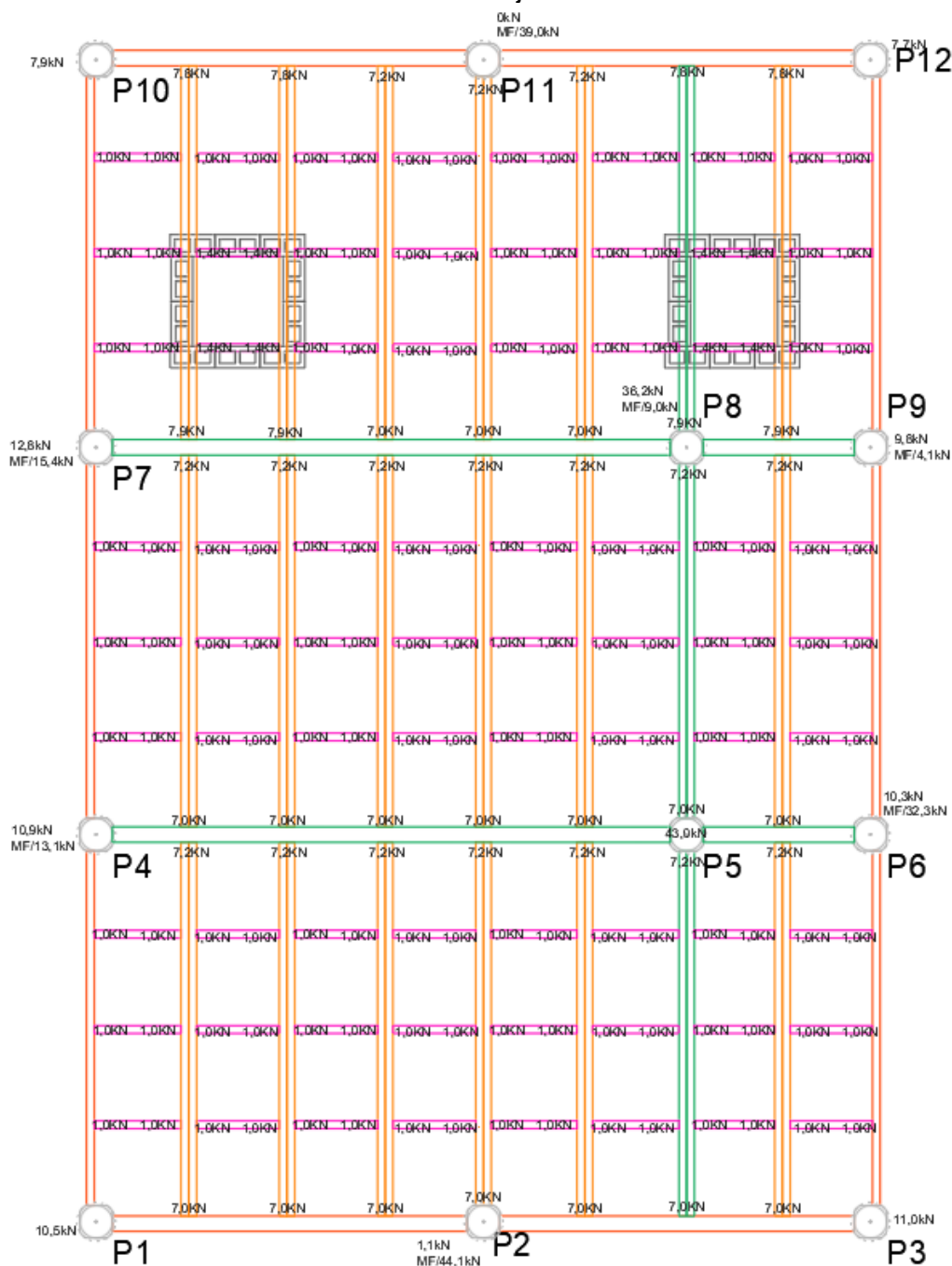
Fonte: Autoria Própria

## 9.4 ANÁLISES DOS PÓRTICOS CONTIDOS NA DIREÇÃO NORTE-SUL

### 9.4.1 Processo de Análise das Fachadas com direção Leste-Oeste (ELU)

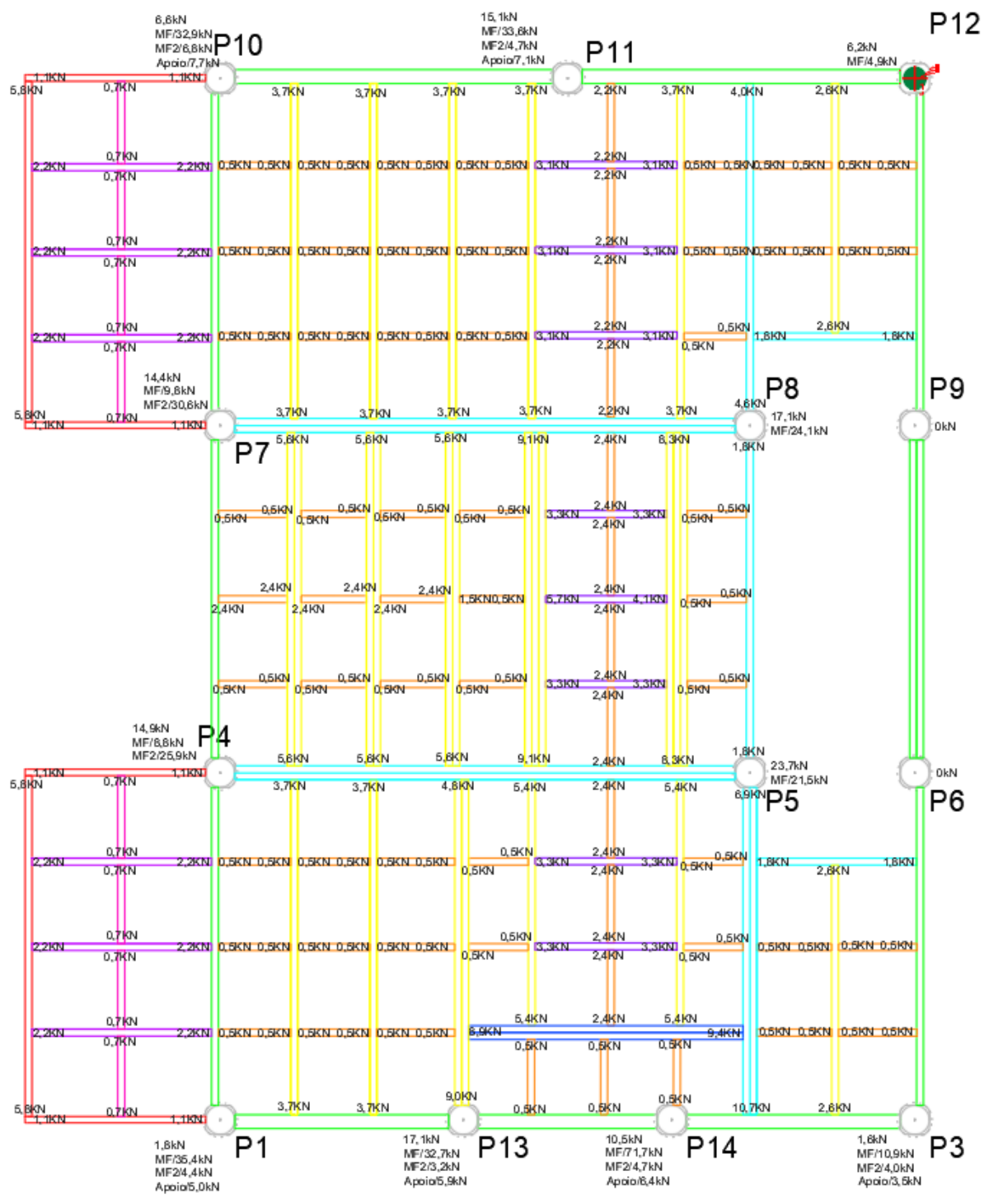
Com a mesma técnica mencionada anteriormente, usando a planta estrutural, ir preenchendo valores os achados para facilitar a vazão de dados, como mencionado em 2.5.1.2

Figura 156 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos da laje cobertura.



Fonte: Autoria Própria

Figura 157 – Técnica em que insere valores de força que se descarrega para outros elementos do 2º pavimento.



Fonte: Autoria Própria

Para as análises das fachadas, é necessário o processo mencionado em 2.5.1.2.

### 9.4.2 Fachada Leste com Vento Norte (ELU)

Figura 158 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento norte 01 (ELU)

Estrutura

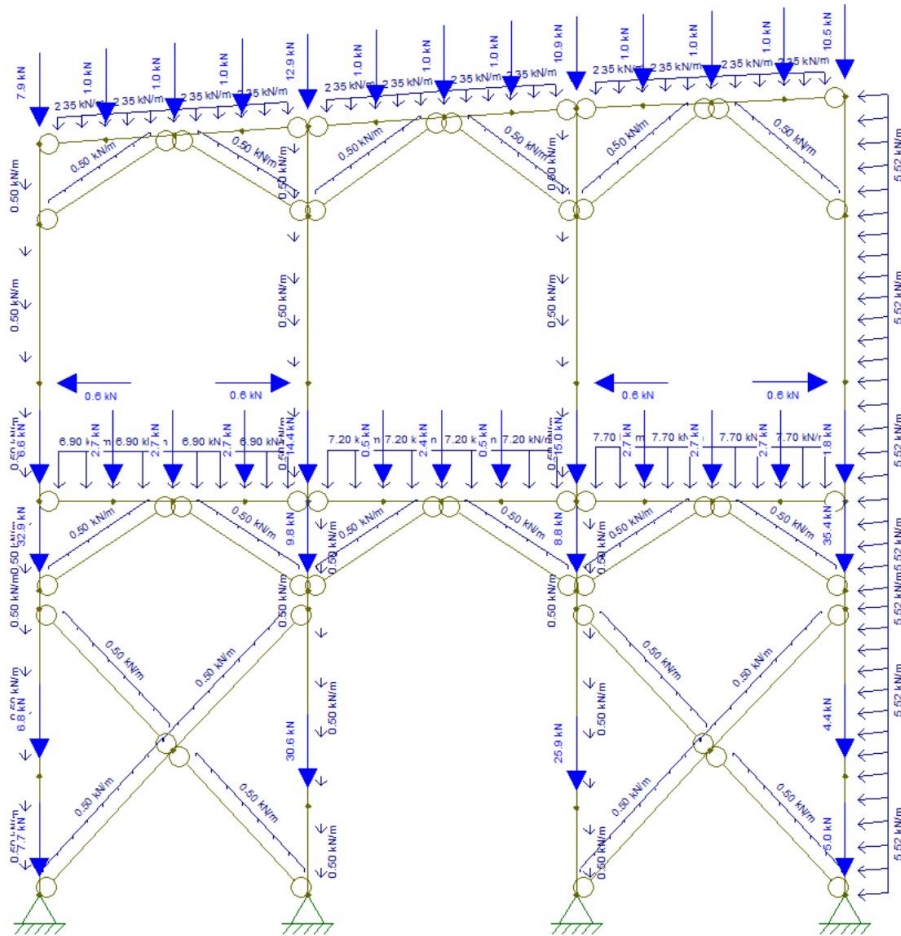
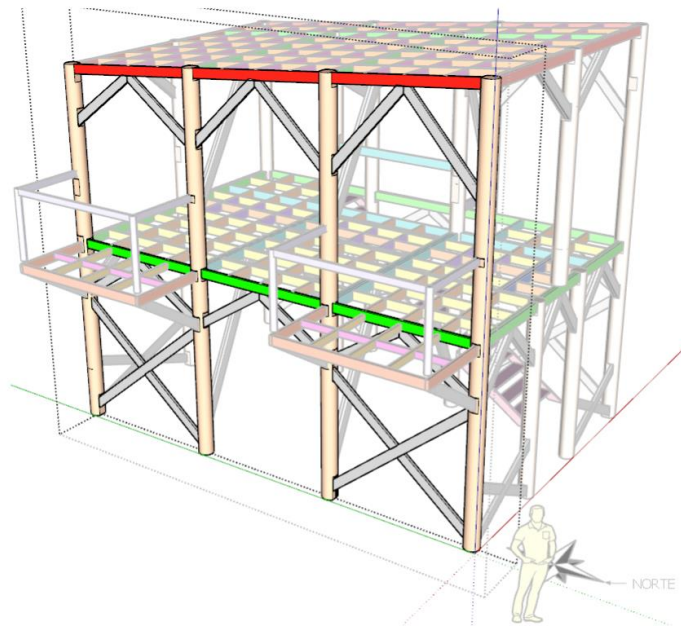
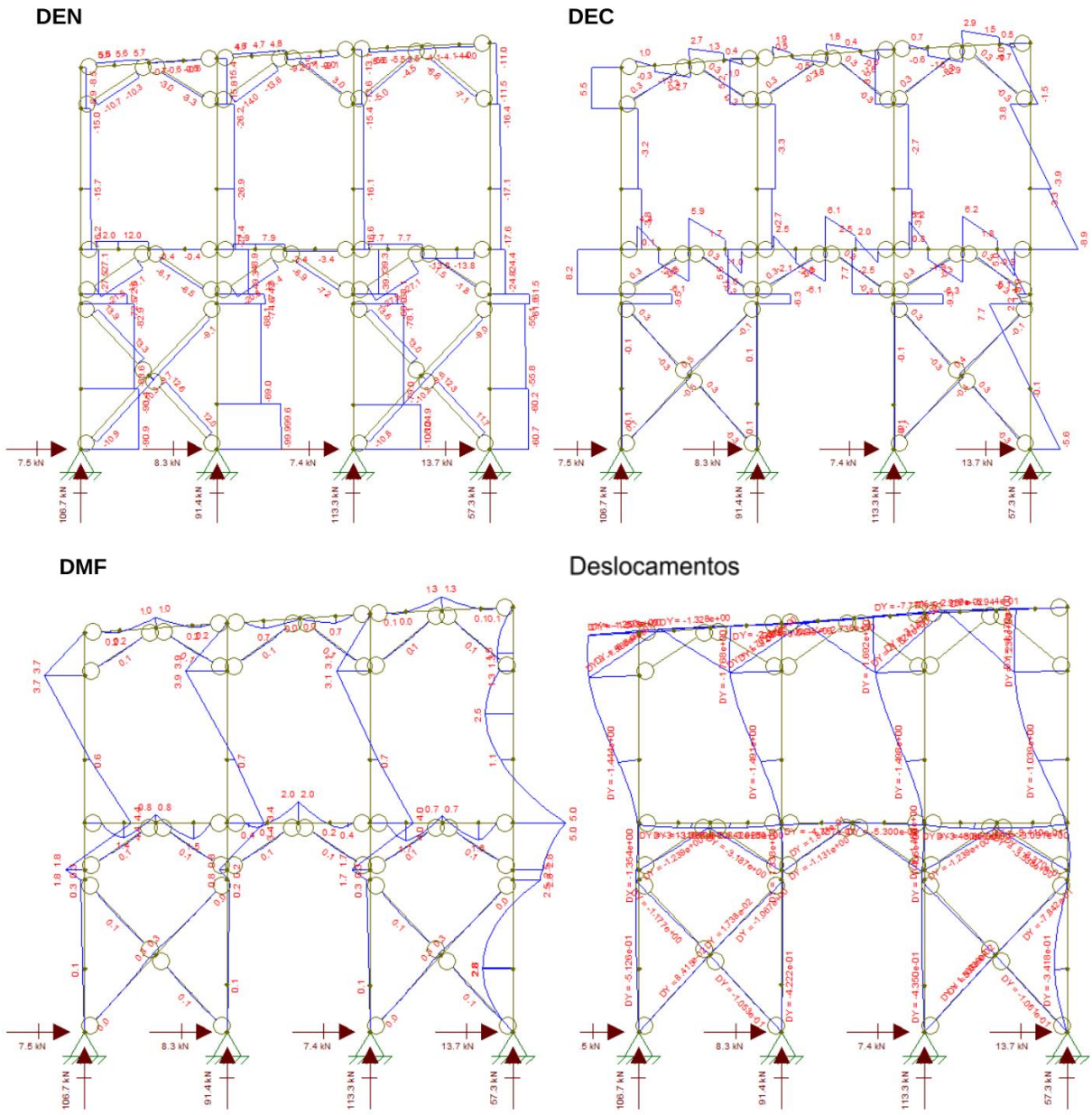


Imagem da edificação inteira, com um destaque a fachada analisada



Fonte: Autoria Própria

Figura 159 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento norte 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.4.3 Fachada Leste com Vento Sul (ELU)

Figura 160 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento sul 01 (ELU)

Estrutura

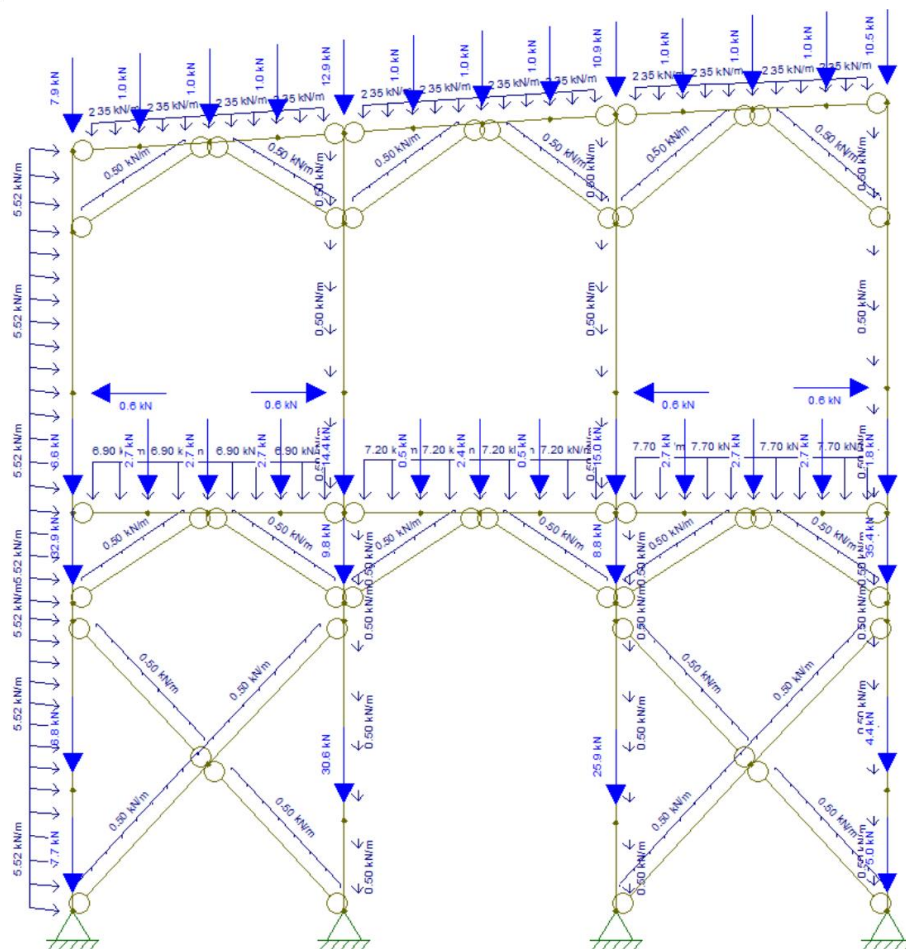
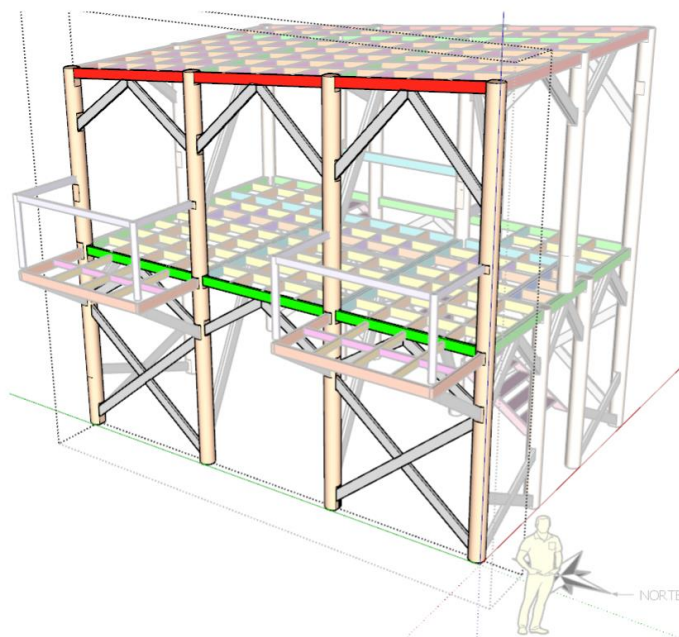
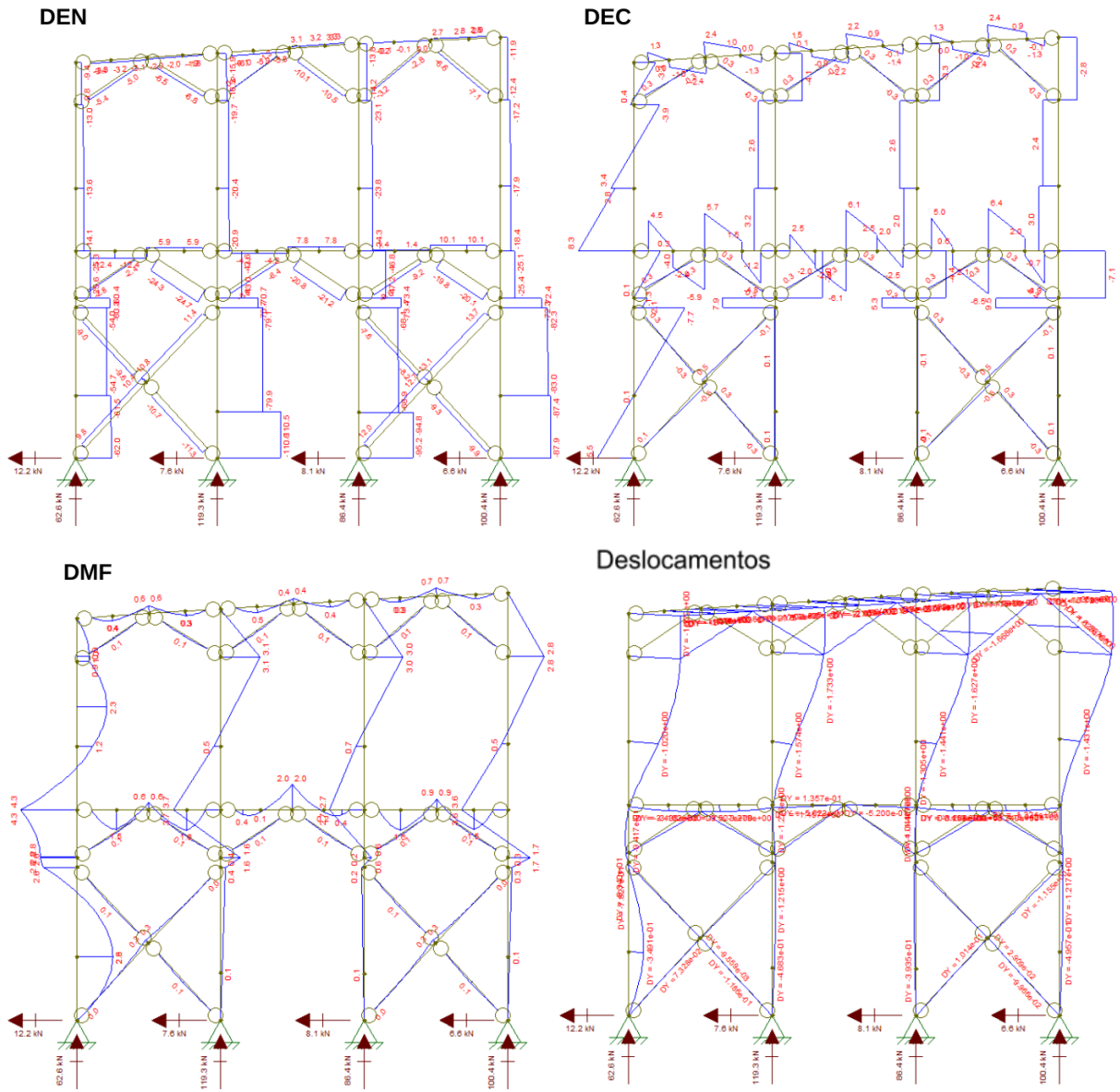


Imagem da edificação inteira, com um destaque a fachada analisada



Fonte: Autoria Própria

Figura 161 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento sul 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.4.4 Fachada Oeste com Vento Norte (ELU)

Figura 162 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento norte 01 (ELU)

Estrutura

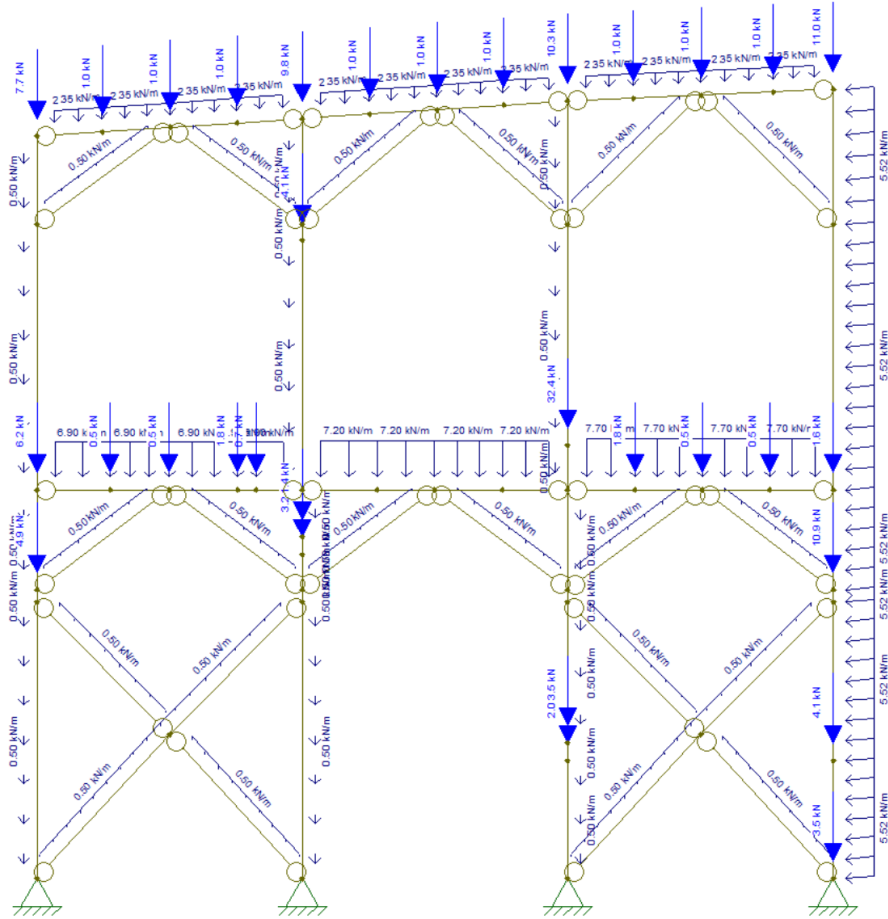
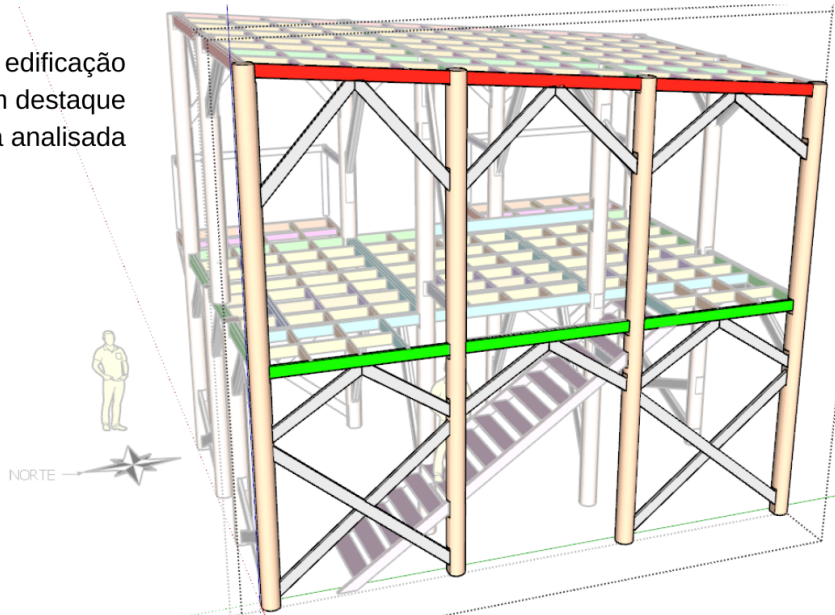


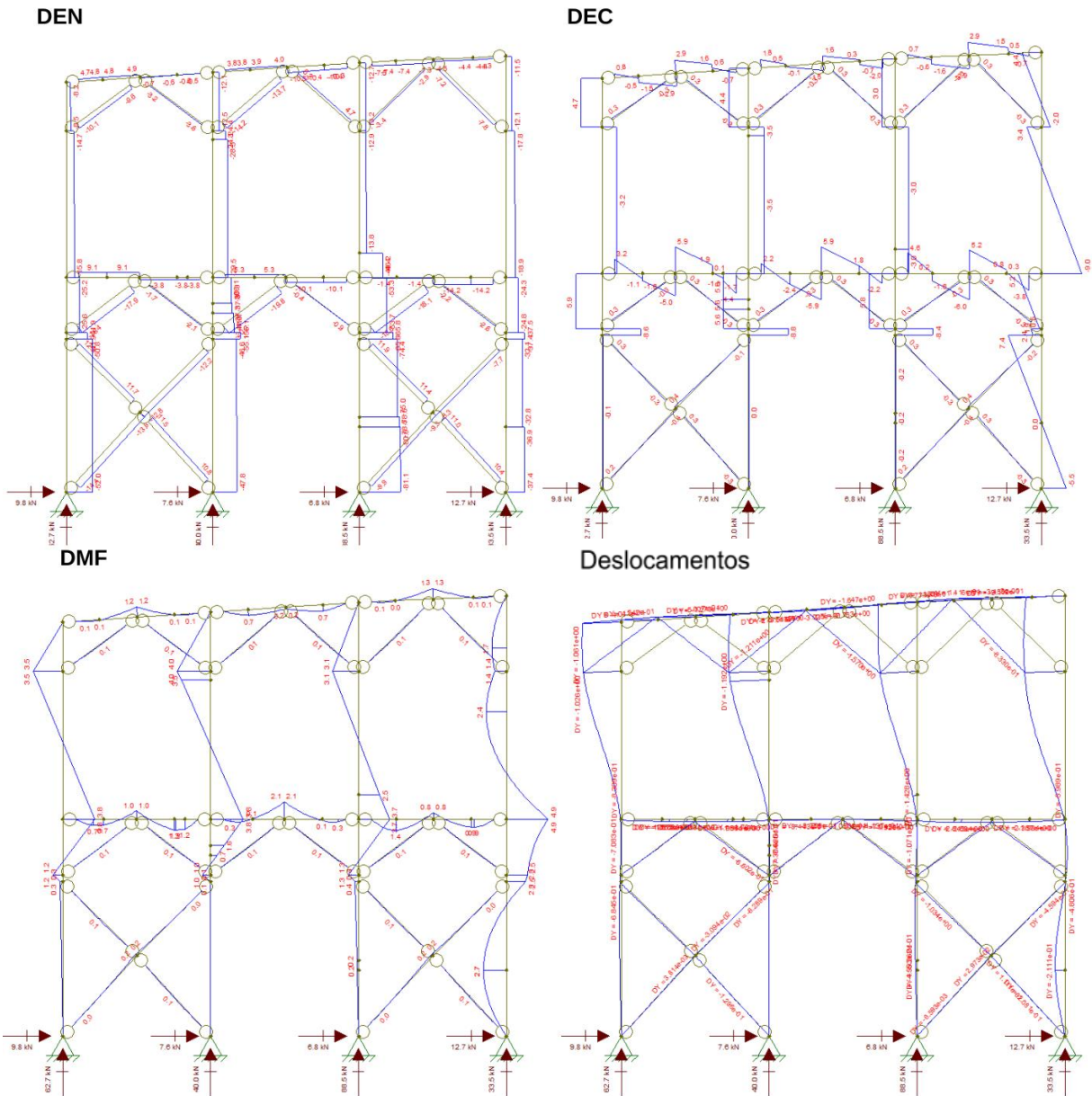
Imagem da edificação inteira, com um destaque a fachada analisada



Fonte: Autoria Própria



Figura 163 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Oeste com vento norte 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

### 9.4.5 Fachada Oeste com Vento Sul (ELU)

Figura 164 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento sul 01 (ELU)

Estrutura

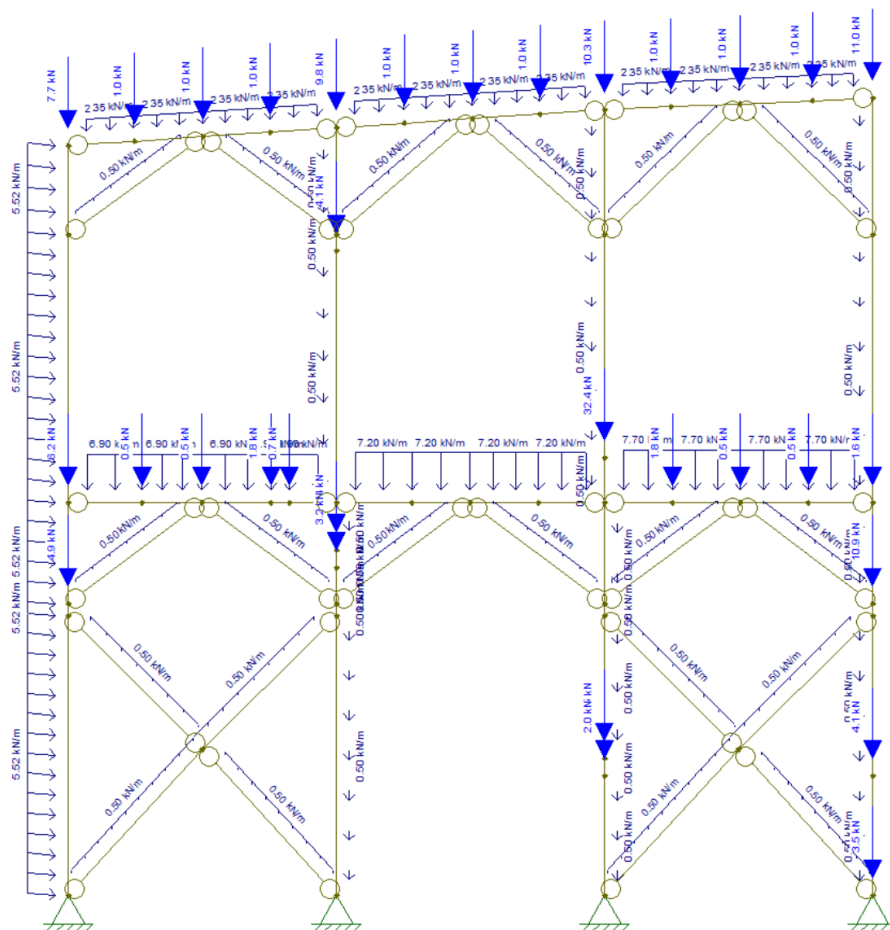
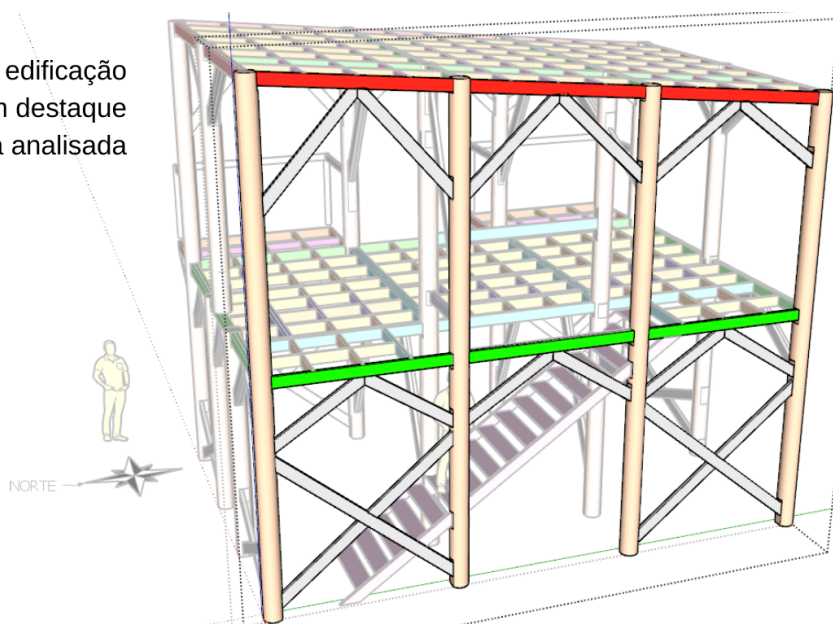
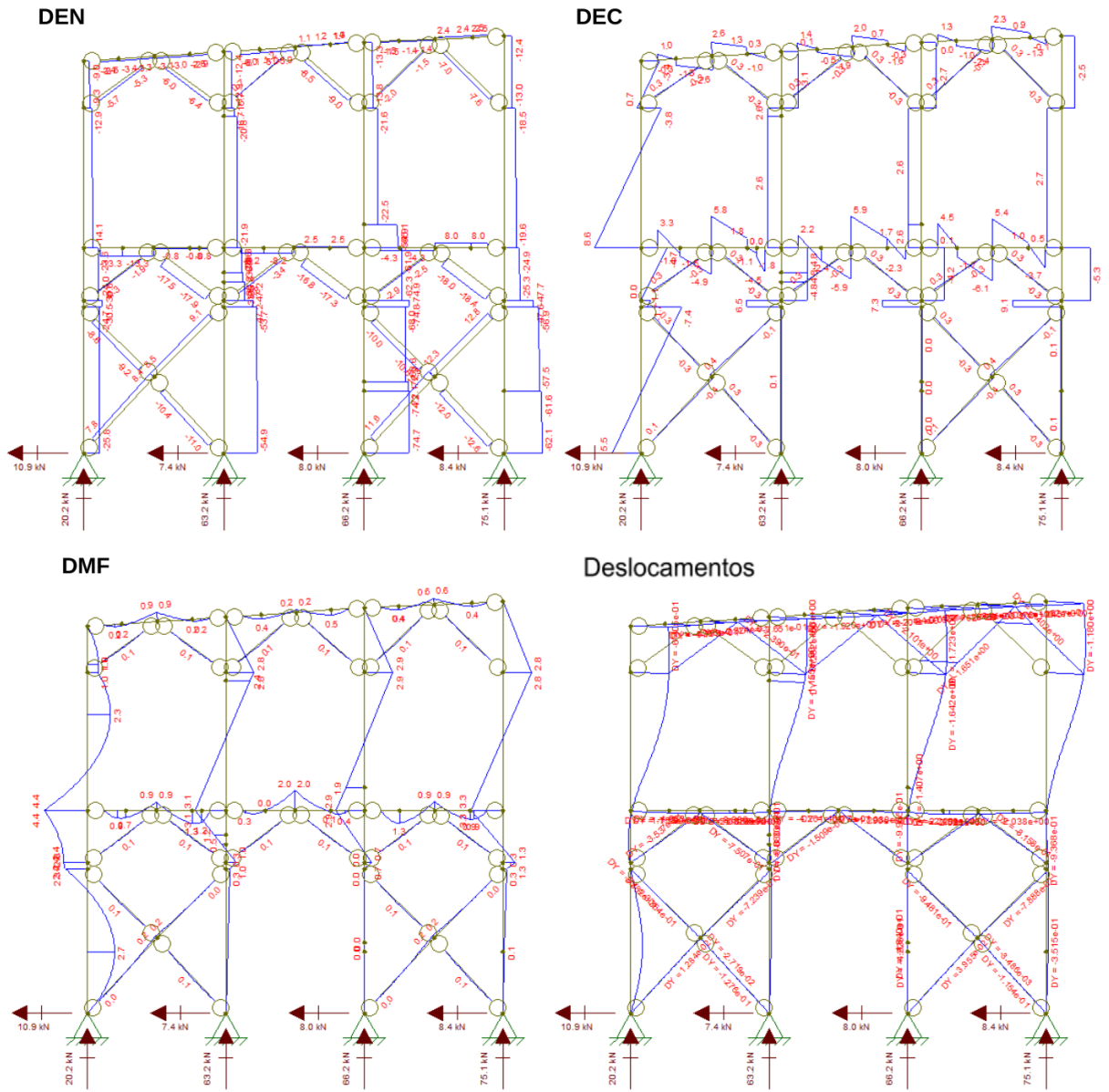


Imagem da edificação inteira, com um destaque a fachada analisada



Fonte: Autoria Própria

Figura 165 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Oeste com Vento Sul 02 (ELU)



Fonte: Autoria Própria

## 10 APENDICE D – VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS NA CONFIGURAÇÃO 02 NA COMBINAÇÃO ELU\*

### 10.1 VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS DAS VIGAS (ELU)

Segue o processo de inserir os valores relevantes, nas linhas e colunas que correspondem à estrutura e ao tipo de carga a ser analisado, respectivamente. Segue a tabela preenchida dos elementos da cobertura:

Tabela 98 – Planilha referente às vigas da cobertura (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal M <sub>ax</sub>	Tração M <sub>ax</sub>	Cortante Transversal M <sub>ax</sub>	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Dados				
								base (m)	altura (m)	A (m <sup>2</sup> )		
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	0,15	0,15	0,0225
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	0,15	0,15	0,0225
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	0,1	0,15	0,015
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	0,1	0,15	0,015
			Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	0,05	0,15	0,0075
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	0,05	0,15	0,0075
			Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	0,05	0,15	0,0075
			Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	0,05	0,15	0,0075
			Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	0,05	0,15	0,0075
			Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	0,05	0,15	0,0075
	Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	0,1	0,15	0,015	
		2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	0,1	0,15	0,015	
		3	2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	0,15	0,15	0,0225	
		P4 P5 P6	3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	0,15	0,2	0,03	
		P7 P8 P9	3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	0,15	0,2	0,03	
		P4 P5 P6	0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	0,1	0,15	0,015	
		P7 P8 P9	0,94	2,1	3,1	9,2	4,1	1,157	0,1	0,15	0,015	
	Secundárias	sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	0,1	0,15	0,015	
		recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	0,1	0,15	0,015	
	Terciárias	1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,05	0,15	0,0075	
		2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,05	0,15	0,0075	
		3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,05	0,15	0,0075	
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,05	0,15	0,0075	
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,05	0,15	0,0075	
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	0,05	0,15	0,0075	
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015	
		P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015	
		P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	0,1	0,15	0,015	
P7 P8 P9 direita 01		1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
P7 P8 P9 direita 02		1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
Fachada Norte		0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
Fachada Sul		0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
Fachada Leste		1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
Fachada Oeste	1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015			

Fonte: Autoria Própria

As vigas presentes no pórtico P4 P5 P6 exigem uma altura maior do que estava sendo trabalhado até agora para suportar as cargas dessa nova disposição estrutural. As mesmas podem ser vistas em células com um tom de cinza mais escuro na coluna altura. Esse é um ponto que será abordado em mais uma análise.

Segue a tabela preenchida dos elementos do segundo pavimento:

Tabela 99 – Planilha referente às vigas do 2º pavimento (ELU)

			Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortant e Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Dados		
										base (m)	altura (m)	A (m²)
1º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	0,15	0,15	0,0225
			Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,935	0,1	0,15	0,015
			Norte 03 P14-P3	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	0,1	0,15	0,015
			Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	0,1	0,15	0,015
			Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	0,1	0,15	0,015
			Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658	0,05	0,15	0,0075
			Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	0,05	0,15	0,0075
			Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	0,05	0,15	0,0075
			Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	0,05	0,15	0,0075
	Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	0,1	0,15	0,015		
	Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	9,1	5,9	1,3	1,973	0,05	0,15	0,0075		
	Internas	P5-Bordas Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	0,15	0,15	0,0225	
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	0,05	0,15	0,0075	
		P8-Bordas Sul	2,33	0	0	4,6	2,9	4,255	0,1	0,15	0,015	
		Pequenas (Vão da Escada)	1,12	0	0	1,8	0,9	0,4678	0,05	0,15	0,0075	
		P4 P5 P6	3,56	246,4	0	38,2	9,2	1,899	0,15	0,2	0,03	
		P7 P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,385	0,15	0,2	0,03	
		2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616	0,05	0,15	0,0075	
Especial 2.1		1,02	0	0	3,1	1,4	0,6069	0,05	0,15	0,0075		
Especial 2.2		1,02	0	0	5,7	1,9	0,8708	0,05	0,15	0,0075		
Especial 2.3	1,02	0	0	3,3	1,5	0,6057	0,05	0,15	0,0075			
1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242	0,05	0,15	0,0075			
1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,11	0,1	0,15	0,015			
Especial 1	2,05	0	0	9,4	5,5	6,266	0,1	0,15	0,015			
2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	0,15	0,15	0,0225			
10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	9,1	7,3	6,71	0,15	0,15	0,0225			
10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,325	0,15	0,15	0,0225			
10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,95	0,1	0,15	0,015			
Terciárias	1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,05	0,15	0,0075		
	2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002969	0,05	0,15	0,0075		
	3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,05	0,15	0,0075		
	4	0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,05	0,15	0,0075		
	5 - sem parede	0,47	0	0	0,4	0,1	0,005653	0,05	0,15	0,0075		
	6 - com parede	0,47	0	0	1,5	0,1	0,01387	0,05	0,15	0,0075		
	7 - com parede	0,57	0	0	2,2	0,3	0,04759	0,05	0,15	0,0075		
	8 - com parede	0,57	0	0	2,4	0,3	0,05304	0,05	0,15	0,0075		
	9	0,52	0	0	2,4	0,3	0,05638	0,05	0,15	0,0075		
	10	0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,05	0,15	0,0075		
Mão Francesa	P4 P5 P6	2,9	33	20,5	0	0	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	PT P8 P9	1,33	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
	Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015		
Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	0,05	0,15	0,0075			
Escada considerada esquadramento	1a viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	0,05	0,15	0,0075		
	2a viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	0,05	0,15	0,0075		
	3a viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,05	0,15	0,0075		
	Degraus	1	0	0	0,4	0,1	2,472	0,05	0,15	0,0075		
	1a viga (baixo pra cima)	1,58	39	0	1,2	0,6	1,009	0,05	0,15	0,0075		
	2a viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	0,05	0,15	0,0075		
Escada considerada em conjunto com a	3a viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,05	0,15	0,0075		
	Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,05	0,15	0,0075		
	Secundária	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7399	0,05	0,15	0,0075		
Varandas	Bordas 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	0,05	0,15	0,0075		
	Bordas 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,303	0,15	0,15	0,0225		

Fonte: Autoria Própria

### 10.1.1 Planilha – Cobertura – Compressão Paralela às Fibras – Tração Paralela às Fibras (ELU)

Tabela 100 – Compressão e Tração Paralela às Fibras (ELU)

		Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Compressão Paralela às Fibras			Tração Paralela às Fibras			
									Tensão (Mpa)	Valor Máximo fc0d=f0d	Confere? Tensão < Máx?	Tensão (Mpa)	Valor Máximo fc0d=f0d	Confere? Tensão < Máx?	
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	0,129	15,2	ok!	1,116	15,2	ok!
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	0,138	15,2	ok!	1,147	15,2	ok!
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	0,180	15,2	ok!	1,267	15,2	ok!
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	0,213	15,2	ok!	1,333	15,2	ok!
			Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	0,747	15,2	ok!	0,387	15,2	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	1,227	15,2	ok!	0,640	15,2	ok!
			Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	0,427	15,2	ok!	0,760	15,2	ok!
			Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	0,987	15,2	ok!	0,333	15,2	ok!
			Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	1,400	15,2	ok!	0,533	15,2	ok!
		Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	0,453	15,2	ok!	0,653	15,2	ok!	
		Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!
			2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!
			3	2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!
	P4 P5 P6		3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	10,007	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
	P7 P8 P9		3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	10,033	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
	P4 P5 P6		0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	0,253	15,2	ok!	0,007	15,2	ok!	
	P7 P8 P9		0,94	2,1	3,1	9,2	4,1	1,157	0,140	15,2	ok!	0,207	15,2	ok!	
	Secundárias	sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	0,027	15,2	ok!	0,020	15,2	ok!	
		recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	0,027	15,2	ok!	0,027	15,2	ok!	
	Terciárias	1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	0,000	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	1,700	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	0,947	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	1,180	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
		P7 P8 P9 direita 01	1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	1,227	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!	
P7 P8 P9 direita 02		1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	0,433	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!		
Fachada Norte		0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	2,753	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!		
Fachada Sul		0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	2,173	15,2	ok!	0,000	15,2	ok!		
Fachada Leste		1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	0,933	15,2	ok!	0,200	15,2	ok!		
Fachada Oeste		1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	0,920	15,2	ok!	0,333	15,2	ok!		

Fonte: Autoria Própria

Não ocorrem valores superiores ao valor que a norma limita.

### 10.1.2 Planilha – Cobertura – Compressão Perpendicular às Fibras - Flexão Simples Reta (ELU)

Tabela 101 – Compressão Perpendicular às Fibras e Flexão Simples Reta (ELU)

Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Compressão Perpendicular às Fibras					Flexão Simples Reta								
							Tensão (Mpa)	alfa N	fcod	Valor Máximo "0,25.alfaN.fc0d"	Confere? Tensão < Máx?	Momento Inércia I (m^4)	yc=yt (h/2)	Mód de Resistência W	Tensão (MPa)	fm,d = fcod	Confere? Tensão < Máx?			
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	0,458	1	15,2	3,8	ok!	4,22E-05	0,075	5,63E-04	9,07	15,2	ok!
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	0,391	1	15,2	3,8	ok!	4,22E-05	0,075	5,63E-04	8,89	15,2	ok!
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	0,640	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	9,60	15,2	ok!
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	0,667	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	11,20	15,2	ok!
			Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	0,387	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,93	15,2	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	0,293	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	3,73	15,2	ok!
			Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	0,360	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	5,33	15,2	ok!
			Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	0,387	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,93	15,2	ok!
			Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	0,267	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	4,27	15,2	ok!
			Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	0,387	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,40	15,2	ok!
		Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	0,307	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	7,73	15,2	ok!
			2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	0,120	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	3,20	15,2	ok!
	3		2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	0,476	1	15,2	3,8	ok!	4,22E-05	0,075	5,63E-04	10,84	15,2	ok!	
	P4 P5 P6		3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	0,787	1	15,2	3,8	ok!	1,00E-04	0,1	1,00E-03	8,10	15,2	ok!	
	P7 P8 P9		3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	0,717	1	15,2	3,8	ok!	1,00E-04	0,1	1,00E-03	8,50	15,2	ok!	
	P4 P5 P6		0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	0,587	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	10,67	15,2	ok!	
	P7 P8 P9		0,94	2,1	3,1	9,2	4,1	1,157	0,613	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	10,93	15,2	ok!	
	Secundárias		sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	0,480	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	13,07	15,2	ok!
			recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	0,527	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	14,93	15,2	ok!
	Terciárias		1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!
		2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
		3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,133	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!	
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	0,187	1	15,2	3,8	ok!	1,41E-05	0,075	1,88E-04	1,07	15,2	ok!	
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
		P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
		P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,53	15,2	ok!	
		P7 P8 P9 direita 01	1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
		P7 P8 P9 direita 02	1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	2,93	15,2	ok!	
		Fachada Norte	0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
		Fachada Sul	0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,007	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!	
Fachada Leste		1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!		
Fachada Oeste	1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!			

Fonte: Autoria Própria

### 10.1.3 Planilha – Cobertura – Flexão Simples Oblíqua (5° no sentido sul norte) (ELU)

Tabela 102 – Flexão Simples Oblíqua (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexão Simples Oblíqua (5 graus para a cobertura)																
								Tensão Mxd	Tensão Myd	km (seção retang)	km (seções diversas)	fm,d = fcod	$\frac{\sigma_{Mx,d} + k_M \sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$	$k_M \frac{\sigma_{Mx,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{My,d}}{f_{m,d}} \leq 1$	Confere? Equações < 1?									
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	sem Inclinação														
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334															
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728															
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409															
			Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723															
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035															
			Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825															
			Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762															
			Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025															
			Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652															
			Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9								4,255	sem Inclinação						
				2	2,40	0	0	1,8	1,2								1,808							
	3	2,40		0	0	10,7	6,1	8,639																
	P4 P5 P6	3,56		300,2	0	23,6	8,1	1,997																
	P7 P8 P9	3,56		301	0	21,5	8,5	1,917																
	P4 P5 P6	0,94		3,8	0,1	8,8	4	1,114																
	P7 P8 P9	0,94		2,1	3,1	9,2	4,1	1,157																
	Secundárias	sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	sem Inclinação															
		recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063																
	Terciárias	1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,046	0,531	0,7	1	15,2	0,028	0,037	ok!								
		2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,046	0,531	0,7	1	15,2	0,028	0,037	ok!								
		3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,046	0,531	0,7	1	15,2	0,028	0,037	ok!								
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,046	0,531	0,7	1	15,2	0,028	0,037	ok!								
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,046	0,531	0,7	1	15,2	0,028	0,037	ok!								
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	0,093	1,063	0,7	1	15,2	0,055	0,074	ok!								
		Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	sem Inclinação														
	P4 P5 P6 esquerda		2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante																
	P7 P8 P9 esquerda		2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante																
	P7 P8 P9 direita 01		1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante																
P7 P8 P9 direita 02	1,2		6,5	0	0,3	1,1	irrelevante																	
Fachada Norte	0,75		41,3	0	0,1	0,1	irrelevante																	
Fachada Sul	0,75		32,6	0	0,1	0,1	irrelevante																	
Fachada Leste	1,75		14	3	0,3	0,1	irrelevante																	
Fachada Oeste	1,75		13,8	5	0,3	0,1	irrelevante																	

Fonte: Autoria Própria



## 10.1.4 Planilha – Cobertura – Flexotração (ELU)

Tabela 103 - Flexotração (ELU)

		Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexotração										
									Tensão Mxd	Tensão Myd	Tensão Tração (MPa)	km (seção retang)	km (seções diversas)	fm,d = fcod	f0d	$\frac{\sigma_{Mxd}}{f_{0,d}} + k_M \frac{\sigma_{Myd}}{f_{m,d}} \leq 1$	$\frac{\sigma_{Mxd}}{f_{0,d}} + k_M \frac{\sigma_{Myd}}{f_{m,d}} \leq 1$	Confere? Tensão < 1?	
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	9,1	0,000	1,116	0,7	1	15,2	15,2	0,670	0,491	ok!
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	8,9	0,000	1,147	0,7	1	15,2	15,2	0,660	0,485	ok!
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	9,6	0,000	1,267	0,7	1	15,2	15,2	0,715	0,525	ok!
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	11,2	0,000	1,333	0,7	1	15,2	15,2	0,825	0,604	ok!
			Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	6,9	0,000	0,387	0,7	1	15,2	15,2	0,482	0,345	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	3,7	0,000	0,640	0,7	1	15,2	15,2	0,288	0,214	ok!
			Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	5,3	0,000	0,760	0,7	1	15,2	15,2	0,401	0,296	ok!
			Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	6,9	0,000	0,333	0,7	1	15,2	15,2	0,478	0,341	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	4,3	0,000	0,533	0,7	1	15,2	15,2	0,316	0,232	ok!	
		Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	6,4	0,000	0,653	0,7	1	15,2	15,2	0,464	0,338	ok!	
		Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	7,7	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,509	0,356	ok!
			2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	3,2	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,211	0,147	ok!
			3	2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	10,8	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,713	0,499	ok!
			P4 P5 P6	3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	8,1	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,533	0,373	ok!
			P7 P8 P9	3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	8,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,559	0,391	ok!
			P4 P5 P6	0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	10,7	0,000	0,007	0,7	1	15,2	15,2	0,702	0,492	ok!
	P7 P8 P9		0,94	2,1	3,1	9,2	4,1	1,157	10,9	0,000	0,207	0,7	1	15,2	15,2	0,733	0,517	ok!	
	sem clariboia		2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	13,1	0,000	0,020	0,7	1	15,2	15,2	0,861	0,603	ok!	
	Secundárias	recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	14,9	0,000	0,027	0,7	1	15,2	15,2	0,984	0,689	ok!	
		Terciárias	1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!
	2		0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!	
	3		0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,5	1,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,081	0,090	ok!	
	4		0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,5	2,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,127	0,156	ok!	
	sem clariboia		0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,5	3,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,173	0,222	ok!	
	com clariboia		0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	1,1	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,070	0,049	ok!	
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,018	0,012	ok!	
		P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	1,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,064	0,078	ok!	
		P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	0,5	2,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,127	0,156	ok!	
		P7 P8 P9 direita 01	1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	0,3	3,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,156	0,210	ok!	
		P7 P8 P9 direita 02	1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	2,9	4,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,377	0,398	ok!	
		Fachada Norte	0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,018	0,012	ok!	
		Fachada Sul	0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,3	1,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,064	0,078	ok!	
Fachada Leste		1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	0,3	2,000	0,200	0,7	1	15,2	15,2	0,123	0,157	ok!		
Fachada Oeste		1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,333	0,7	1	15,2	15,2	0,039	0,034	ok!		

Fonte: Autoria Própria

### 10.1.5 Planilha – Cobertura – Flexocompressão – Cisalhamento Longitudinal em Vigas (ELU)

Tabela 104 – Flexocompressão e Cisalhamento Longitudinal em vigas (ELU)

		Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexocompressão							Cisalhamento Longitudinal em Vigas							
									Tensão Mxd	Tensão Myd	Tensão Nc0d	km (seção retang)	km (seções diversas)	fm,d = fcod	$\left(\frac{\sigma_{c0d}}{f_{cd}}\right)^2 + \frac{\sigma_{mxd}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{td}} \leq 1$	$\left(\frac{\sigma_{c0d}}{f_{cd}}\right)^2 + \frac{\sigma_{mxd}}{f_{td}} + \frac{\sigma_{myd}}{f_{td}} \leq 1$	Confere? Tensão < 1?	Tensão (MPa)	Tensão para Entalhes de 3cm	fc0d	f0d= 0,12*fc0d	Confere ? Tensão < Máx?	
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	9,067	0,000	0,129	0,7	1	15,2	0,597	0,418	ok!	0,687	0,858	15,2	1,824	ok!
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	8,889	0,000	0,138	0,7	1	15,2	0,585	0,409	ok!	0,587	0,733	15,2	1,824	ok!
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	9,600	0,000	0,180	0,7	1	15,2	0,632	0,442	ok!	0,960	1,200	15,2	1,824	ok!
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	11,200	0,000	0,213	0,7	1	15,2	0,737	0,516	ok!	1,000	1,250	15,2	1,824	ok!
			Leste 01 P4-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	6,933	0,000	0,747	0,7	1	15,2	0,459	0,322	ok!	0,580	0,725	15,2	1,824	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	3,733	0,000	1,227	0,7	1	15,2	0,252	0,178	ok!	0,440	0,550	15,2	1,824	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	5,333	0,000	0,427	0,7	1	15,2	0,352	0,246	ok!	0,540	0,675	15,2	1,824	ok!	
		Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	6,933	0,000	0,987	0,7	1	15,2	0,460	0,324	ok!	0,580	0,725	15,2	1,824	ok!	
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	4,267	0,000	1,400	0,7	1	15,2	0,289	0,205	ok!	0,400	0,500	15,2	1,824	ok!	
		Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	6,400	0,000	0,453	0,7	1	15,2	0,422	0,296	ok!	0,580	0,725	15,2	1,824	ok!	
		Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	7,733	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,509	0,356	ok!	0,460	0,575	15,2	1,824	ok!
			2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	3,200	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,211	0,147	ok!	0,180	0,225	15,2	1,824	ok!
	3		2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	10,844	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,713	0,499	ok!	0,713	0,892	15,2	1,824	ok!	
	P4 P5 P6		3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	8,100	0,000	10,007	0,7	1	15,2	0,966	0,806	ok!	1,180	1,475	15,2	1,824	ok!	
	P7 P8 P9		3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	8,500	0,000	10,033	0,7	1	15,2	0,995	0,827	ok!	1,075	1,344	15,2	1,824	ok!	
	P4 P5 P6		0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	10,667	0,000	0,253	0,7	1	15,2	0,702	0,492	ok!	0,880	1,100	15,2	1,824	ok!	
	P7 P8 P9		0,94	2,1	3,1	9,2	4,1	1,157	10,933	0,000	0,140	0,7	1	15,2	0,719	0,504	ok!	0,920	1,150	15,2	1,824	ok!	
	sem clariboia		2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	13,067	0,000	0,027	0,7	1	15,2	0,860	0,602	ok!	0,720	0,900	15,2	1,824	ok!	
	recebe clariboia		2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	14,933	0,000	0,027	0,7	1	15,2	0,982	0,688	ok!	0,790	0,988	15,2	1,824	ok!	
	Terciárias		1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!	0,200	0,250	15,2	1,824	ok!
			2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!	0,200	0,250	15,2	1,824	ok!
			3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,533	1,000	0,000	0,7	1	15,2	0,081	0,090	ok!	0,200	0,250	15,2	1,824	ok!
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,533	2,000	0,000	0,7	1	15,2	0,127	0,156	ok!	0,200	0,250	15,2	1,824	ok!	
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,533	3,000	0,000	0,7	1	15,2	0,173	0,222	ok!	0,200	0,250	15,2	1,824	ok!	
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	1,067	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,070	0,049	ok!	0,280	0,350	15,2	1,824	ok!	
		P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	0,267	0,000	1,700	0,7	1	15,2	0,030	0,025	ok!	0,010	0,013	15,2	1,824	ok!	
	P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	0,267	1,000	0,947	0,7	1	15,2	0,067	0,082	ok!	0,010	0,013	15,2	1,824	ok!		
	P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	0,533	2,000	1,180	0,7	1	15,2	0,133	0,162	ok!	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!		
	P7 P8 P9 direita 01	1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	0,267	3,000	1,227	0,7	1	15,2	0,162	0,216	ok!	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!		
	P7 P8 P9 direita 02	1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	2,933	4,000	0,433	0,7	1	15,2	0,378	0,399	ok!	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!		
	Mão Francesa	Fachada Norte	0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,267	0,000	2,753	0,7	1	15,2	0,050	0,045	ok!	0,010	0,013	15,2	1,824	ok!	
		Fachada Sul	0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,267	1,000	2,173	0,7	1	15,2	0,084	0,099	ok!	0,010	0,013	16,2	1,944	ok!	
		Fachada Leste	1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	0,267	2,000	0,933	0,7	1	15,2	0,113	0,148	ok!	0,030	0,038	17,2	2,064	ok!	
		Fachada Oeste	1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	0,267	0,000	0,920	0,7	1	15,2	0,021	0,016	ok!	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!	

Fonte: Autoria Própria

## 10.1.6 Planilha – Cobertura – Estabilidade Lateral (ELU)

Tabela 105 – Estabilidade Lateral (ELU)

Cobertura		Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Estabilidade Lateral							
									L1	b	E0.ef	betaM	fm,d = fc0,d	L1 / b	E0.ef /betaM*f m,d	$L1 \leq \frac{E0.ef}{\beta M m,d}$
Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	2,30	0,1	7426,04	7,4	15,2	23	66,021	ok!
		Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	2,30	0,1	7426,04	7,4	15,2	23	66,021	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	2,25	0,1	7426,04	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
	Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	2,40	0,1	7426,04	7,4	15,2	24	66,021	ok!
		2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	2,40	0,1	7426,04	7,4	15,2	24	66,021	ok!
		3	2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	2,40	0,1	7426,04	7,4	15,2	24	66,021	ok!
		P4 P5 P6	3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	3,56	0,1	7426,04	7,4	15,2	35,63	66,021	ok!
		P7 P8 P9	3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	3,56	0,1	7426,04	7,4	15,2	35,63	66,021	ok!
		P4 P5 P6	0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	0,94	0,1	7426,04	7,4	15,2	9,4	66,021	ok!
		P7 P8 P9	0,94	2,1	3,1	9,2	4,1	1,157	0,94	0,1	7426,04	7,4	15,2	9,4	66,021	ok!
	Secundárias	sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	2,40	0,1	7426,04	7,4	15,2	24	66,021	ok!
		recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	2,40	0,1	7426,04	7,4	15,2	24	66,021	ok!
	Terciárias	1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,51	0,1	7426,04	7,4	15,2	5,1	66,021	ok!
		2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,54	0,1	7426,04	7,4	15,2	5,4	66,021	ok!
		3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,56	0,1	7426,04	7,4	15,2	5,6	66,021	ok!
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,58	0,1	7426,04	7,4	15,2	5,8	66,021	ok!
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,59	0,1	7426,04	7,4	15,2	5,9	66,021	ok!
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	0,59	0,1	7426,04	7,4	15,2	5,9	66,021	ok!
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	3,21	0,1	7426,04	7,4	15,2	32,1	66,021	ok!
		P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	2,90	0,1	7426,04	7,4	15,2	29	66,021	ok!
		P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	2,50	0,1	7426,04	7,4	15,2	25	66,021	ok!
P7 P8 P9 direita 01		1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	1,40	0,1	7426,04	7,4	15,2	14	66,021	ok!	
P7 P8 P9 direita 02		1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	1,20	0,1	7426,04	7,4	15,2	12	66,021	ok!	
Fachada Norte		0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,75	0,1	7426,04	7,4	15,2	7,5	66,021	ok!	
Fachada Sul		0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,75	0,1	7426,04	7,4	15,2	7,5	66,021	ok!	
Fachada Leste		1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	1,75	0,1	7426,04	7,4	15,2	17,5	66,021	ok!	
Fachada Oeste		1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	1,75	0,1	7426,04	7,4	15,2	17,5	66,021	ok!	

Fonte: Autoria Própria

## 10.1.7 Planilha – Cobertura – Deslocamentos Máximos (ELU)

Tabela 106 – Deslocamentos Máximos (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortante Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Deslocamentos Máximos													
								Comprimento	Construção com Materiais Frágeis (m)					Construções Correntes (m)				Deslocamentos (mm)			
									L (m)	vão	balanço	vão	balanço	vibrações	balanço	vão (/350)	vão (/300)	vão (/250)	Deslocamentos (mm) (Ftool)	desloc. ~vão?	
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	2,9	25,1	10,3	5,1	6,641	2,30	6,57	13,14	7,67	15,33	15,00	23,00	6,57	7,67	9,20	6,641	ok!
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,1	25,8	8,8	5	6,334	2,30	6,57	13,14	7,67	15,33	15,00	23,00	6,57	7,67	9,20	6,334	ok!
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,7	19	9,6	3,6	4,728	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	4,728	ok!
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	20	10	4,2	4,409	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	4,409	ok!
			Leste 01 P1-P4	2,25	5,6	2,9	2,9	1,3	1,723	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	1,723	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	9,2	4,8	2,2	0,7	3,035	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	3,035	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	3,2	5,7	2,7	1	1,825	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	1,825	ok!	
		Oeste 01 P3-P6	2,25	7,4	2,5	2,9	1,3	1,762	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	1,762	ok!	
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,5	4	2	0,8	3,025	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	3,025	ok!	
		Oeste 03 P9-P12	2,25	3,4	4,9	2,9	1,2	0,7652	2,25						22,50	6,43	7,50	9,00	0,7652	ok!	
		Internas	1	2,40	0	0	4,6	2,9	4,255	2,40						24,00	6,86	8,00	9,60	4,255	ok!
			2	2,40	0	0	1,8	1,2	1,808	2,40						24,00	6,86	8,00	9,60	1,808	ok!
	3		2,40	0	0	10,7	6,1	8,639	2,40						24,00	6,86	8,00	9,60	5,289	ok!	
	P4 P5 P6		3,56	300,2	0	23,6	8,1	1,997	3,56						35,63	10,18	11,88	14,25	1,997	ok!	
	P7 P8 P9		3,56	301	0	21,5	8,5	1,917	3,56						35,63	10,18	11,88	14,25	1,917	ok!	
	P4 P5 P6		0,94	3,8	0,1	8,8	4	1,114	0,94						9,40	2,69	3,13	3,76	1,114	ok!	
	Secundárias	sem clariboia	2,40	0,4	0,3	7,2	4,9	7,083	2,40	Não possui materiais frágeis próximos à estrutura						24,00	6,86	8,00	9,60	7,083	ok!
		recebe clariboia	2,40	0,4	0,4	7,9	5,6	8,063	2,40							24,00	6,86	8,00	9,60	8,063	ok!
	Terciárias	1	0,51	0	0	1	0,1	0,01862	0,51							5,10	1,46	1,70	2,04	0,01862	ok!
		2	0,54	0	0	1	0,1	0,02154	0,54							5,40	1,54	1,80	2,16	0,02154	ok!
		3	0,56	0	0	1	0,1	0,02478	0,56							5,60	1,60	1,87	2,24	0,02478	ok!
		4	0,58	0	0	1	0,1	0,02655	0,58							5,80	1,66	1,93	2,32	0,02655	ok!
		sem clariboia	0,59	0	0	1	0,1	0,02655	0,59							5,90	1,69	1,97	2,36	0,02655	ok!
		com clariboia	0,59	0	0	1,4	0,2	0,0367	0,59							5,90	1,69	1,97	2,36	0,0367	ok!
	Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	3,21	25,5	0	0,1	0,1	irrelevante	3,21							32,10	9,17	10,70	12,84	irrelevante	ok!
		P4 P5 P6 esquerda	2,9	14,2	0	0,1	0,1	irrelevante	2,90							29,00	8,29	9,67	11,60	irrelevante	ok!
		P7 P8 P9 esquerda	2,5	17,7	0	0,3	0,2	irrelevante	2,50						25,00	7,14	8,33	10,00	irrelevante	ok!	
		P7 P8 P9 direita 01	1,4	18,4	0	0,3	0,1	irrelevante	1,40						14,00	4,00	4,67	5,60	irrelevante	ok!	
		P7 P8 P9 direita 02	1,2	6,5	0	0,3	1,1	irrelevante	1,20						12,00	3,43	4,00	4,80	irrelevante	ok!	
		Fachada Norte	0,75	41,3	0	0,1	0,1	irrelevante	0,75						7,50	2,14	2,50	3,00	irrelevante	ok!	
Fachada Sul		0,75	32,6	0	0,1	0,1	irrelevante	0,75						7,50	2,14	2,50	3,00	irrelevante	ok!		
Fachada Leste		1,75	14	3	0,3	0,1	irrelevante	1,75						17,50	5,00	5,83	7,00	irrelevante	ok!		
Fachada Oeste		1,75	13,8	5	0,3	0,1	irrelevante	1,75						17,50	5,00	5,83	7,00	irrelevante	ok!		

Fonte: Autoria Própria

Como mencionado na primeira análise de deslocamentos máximos, a norma fornece três valores: o mais exigente, um intermediário e o menos exigente, como pode ser visto abaixo.

- vão dividido por 350 *deslocamento máximo 01* →  $l/350$

- vão dividido por 300 *deslocamento máximo 02* →  $l/300$

- vão dividido por 250 *deslocamento máximo 03* →  $l/250$

A maioria dos deslocamentos atendem a regra mais exigente. A viga secundária sem cargas adicionais somente atende ao deslocamento intermediário, enquanto a viga secundária que recebe a carga adicional da claraboia atende somente a regra menos exigente.



### 10.1.8 Planilha – 2º Pavimento – Dados - Compressão Paralela às Fibras (ELU)

Tabela 107 – Dados - Compressão Paralela às Fibras do 2º Pavimento (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortant e Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Dados			Compressão Paralela às Fibras			
								base (m)	altura (m)	A (m³)	Tensão (Mpa)	Valor Máximo (códexito 4)	Confere? Tensão < Máx?	
Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	0,15	0,15	0,0225	0,164	15,2	ok!
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,935	0,1	0,15	0,015	0,000	15,2	ok!
		Norte 03 P14-P3	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	0,1	0,15	0,015	1,440	15,2	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	0,1	0,15	0,015	0,680	15,2	ok!
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	0,1	0,15	0,015	0,807	15,2	ok!
		Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658	0,05	0,15	0,0075	1,840	15,2	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	0,05	0,15	0,0075	0,560	15,2	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	0,05	0,15	0,0075	1,653	15,2	ok!
		Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	0,05	0,15	0,0075	1,893	15,2	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	0,1	0,15	0,015	0,673	15,2	ok!
	Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	9,1	5,9	1,3	1,973	0,05	0,15	0,0075	1,773	15,2	ok!	
	Internas	P5-Bordas Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	0,15	0,15	0,0225	0,000	15,2	ok!
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!
		P8-Bordas Sul	2,33	0	0	4,6	2,9	4,255	0,1	0,15	0,015	0,000	15,2	ok!
		Pequenas (Vão de Escada)	1,12	0	0	1,8	0,9	0,4678	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!
		P4 P5 P6	3,56	246,4	0	38,2	3,2	1,899	0,15	0,2	0,03	8,213	15,2	ok!
		P7 P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,985	0,15	0,2	0,03	7,557	15,2	ok!
		2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!
		Especial 2.1	1,02	0	0	3,1	1,4	0,6069	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!
		Especial 2.2	1,02	0	0	5,7	1,9	0,8708	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!
Especial 2.3		1,02	0	0	3,3	1,5	0,6057	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!		
1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,11	0,1	0,15	0,015	0,000	15,2	ok!		
Especial 1	2,05	0	0	9,4	5,5	6,266	0,1	0,15	0,015	0,000	15,2	ok!		
2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	0,15	0,15	0,0225	0,000	15,2	ok!		
10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	9,1	7,3	6,71	0,15	0,15	0,0225	0,000	15,2	ok!		
10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,925	0,15	0,15	0,0225	0,000	15,2	ok!		
10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,95	0,1	0,15	0,015	0,000	15,2	ok!		
Terciárias	1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002369	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	4	0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	5 - sem parede	0,47	0	0	0,4	0,1	0,005653	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	6 - com parede	0,47	0	0	1,5	0,1	0,01387	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	7 - com parede	0,57	0	0	2,2	0,3	0,04759	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	8 - com parede	0,57	0	0	2,4	0,3	0,05304	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	9	0,52	0	0	2,4	0,3	0,05638	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	10	0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	P4 P5 P6	2,9	33	20,5	0	0	irrelevante	0,1	0,15	0,015	2,200	15,2	ok!	
P7 P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	0,1	0,15	0,015	2,227	15,2	ok!		
Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015	3,000	15,2	ok!		
Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante	0,1	0,15	0,015	2,527	15,2	ok!		
Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	0,1	0,15	0,015	1,013	15,2	ok!		
Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015	2,760	15,2	ok!		
Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015	1,247	15,2	ok!		
Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015	1,833	15,2	ok!		
Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	0,1	0,15	0,015	0,727	15,2	ok!		
Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	0,1	0,15	0,015	1,347	15,2	ok!		
Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	0,05	0,15	0,0075	1,920	15,2	ok!		
Escada considerada isoladamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	0,05	0,15	0,0075	0,067	15,2	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	0,05	0,15	0,0075	0,107	15,2	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,05	0,15	0,0075	0,040	15,2	ok!	
	Degraus	1	0	0	0,4	0,1	2,472	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	39	0	1,2	0,6	1,009	0,05	0,15	0,0075	5,200	15,2	ok!	
Escada considerada em conjunto com a	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	0,05	0,15	0,0075	4,507	15,2	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,05	0,15	0,0075	0,813	15,2	ok!	
	Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
Vigantes	Secundária	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7339	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	Bordas 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	0,05	0,15	0,0075	0,000	15,2	ok!	
	Bordas 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,309	0,15	0,15	0,0225	0,000	15,2	ok!	

Fonte: Autoria Própria

## 10.1.9 Planilha – 2º Pavimento – Tração Paralela às Fibras (ELU)

Tabela 108 – Tração Paralela às Fibras do 2º Pavimento (ELU)

		Vigas	Comprimento (m)	Normal M <sub>ax</sub>	Tração M <sub>ax</sub>	Cortant e Transversal M <sub>áxima</sub>	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Tração Paralela às Fibras			
									Tensão (Mpa)	Valor Máximo f <sub>c0d=ft0d</sub>	Confere? Tensão < M <sub>ax</sub> ?	
2º Pavimento	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	1,133	15,2	ok!
			Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,935	1,373	15,2	ok!
			Norte 03 P14-P3	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	1,633	15,2	ok!
			Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	1,907	15,2	ok!
			Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	1,113	15,2	ok!
			Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658	1,027	15,2	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	1,053	15,2	ok!
			Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	0,787	15,2	ok!
			Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	1,067	15,2	ok!
			Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	0,347	15,2	ok!
	Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	3,1	5,9	1,3	1,373	1,213	15,2	ok!		
	Internas	P5-Bordas Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	0,000	15,2	ok!	
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	0,000	15,2	ok!	
		P8-Bordas Sul	2,33	0	0	4,6	2,9	4,255	0,000	15,2	ok!	
		Pequenas (Vão da Escada)	1,12	0	0	1,8	0,9	0,4678	0,000	16,2	ok!	
		P4 P5 P6	3,56	246,4	0	38,2	3,2	1,899	0,000	16,2	ok!	
		P7 P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,385	0,000	16,2	ok!	
		2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616	0,000	15,2	ok!	
		Especial 2.1	1,02	0	0	3,1	1,4	0,6069	0,000	15,2	ok!	
		Especial 2.2	1,02	0	0	5,7	1,9	0,8708	0,000	15,2	ok!	
		Especial 2.3	1,02	0	0	3,3	1,5	0,6057	0,000	15,2	ok!	
	Secundárias	1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242	0,000	15,2	ok!	
		1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,11	0,000	15,2	ok!	
		Especial 1	2,05	0	0	3,4	5,5	6,266	0,000	15,2	ok!	
		2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	0,000	15,2	ok!	
		10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	3,1	7,3	6,71	0,000	15,2	ok!	
		10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,925	0,000	15,2	ok!	
		10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,95	0,000	15,2	ok!	
		Terciárias	1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,000	15,2	ok!
			2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002969	0,000	15,2	ok!
			3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,000	15,2	ok!
	4		0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,000	15,2	ok!	
	5 - sem parede		0,47	0	0	0,4	0,1	0,005653	0,000	15,2	ok!	
	6 - com parede		0,47	0	0	1,5	0,1	0,01387	0,000	15,2	ok!	
	7 - com parede		0,57	0	0	2,2	0,3	0,04759	0,000	15,2	ok!	
	8 - com parede		0,57	0	0	2,4	0,3	0,05304	0,000	15,2	ok!	
	9		0,52	0	0	2,4	0,3	0,05638	0,000	15,2	ok!	
	10		0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,000	15,2	ok!	
	Mão Francesa	P4 P5 P6	2,9	33	20,5	0	0	irrelevante	1,367	15,2	ok!	
		P7 P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	1,333	15,2	ok!	
		Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	1,373	15,2	ok!	
		Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante	0,000	15,2	ok!	
		Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	0,540	15,2	ok!	
		Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	0,373	15,2	ok!	
		Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	0,993	15,2	ok!	
		Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	0,000	15,2	ok!	
		Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	0,927	15,2	ok!	
		Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	0,000	15,2	ok!	
	Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	1,640	15,2	ok!		
	Escada considerada isoladamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	0,107	15,2	ok!	
		2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	0,107	15,2	ok!	
		3ª viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,040	15,2	ok!	
		Degraus	1	0	0	0,4	0,1	2,472	0,000	15,2	ok!	
		1ª viga (baixo pra cima)	1,58	39	0	1,2	0,6	1,009	0,000	15,2	ok!	
		2ª viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	0,000	15,2	ok!	
	Escada considerada em conjunto com a	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,000	15,2	ok!	
		Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,000	15,2	ok!	
		Secundária	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7399	0,000	15,2	ok!	
	Varandas	Bordas 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	0,000	15,2	ok!	
		Bordas 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,303	0,000	15,2	ok!	

Fonte: Autoria Própria



### 10.1.10 Planilha – 2º Pavimento – Compressão Perpendicular às Fibras (ELU)

Tabela 109 – Compressão Perpendicular às Fibras do 2º Pavimento (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal M <sub>sx</sub>	Tração M <sub>sx</sub>	Cortant e Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Compressão Perpendicular às Fibras					
								Tensão (Mpa)	alfa N	foc d	Valor Máximo "0,25.alfa.N.focD"	Confere? Tensão < Máx?	
Primarias	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	0,556	1	15,2	3,8	ok!
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,935	0,500	1	15,2	3,8	ok!
		Norte 03 P14-P3	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	0,953	1	15,2	3,8	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	0,707	1	15,2	3,8	ok!
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	0,487	1	15,2	3,8	ok!
		Leste 01 P4-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658	0,867	1	15,2	3,8	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	0,813	1	15,2	3,8	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	0,813	1	15,2	3,8	ok!
		Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	0,813	1	15,2	3,8	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	0,393	1	15,2	3,8	ok!
	Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	3,1	5,9	1,3	1,373	0,787	1	15,2	3,8	ok!	
	Internas	P5-Borda Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	0,476	1	15,2	3,8	ok!
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	0,240	1	15,2	3,8	ok!
		P8-Borda Sul	2,33	0	0	4,6	2,8	4,255	0,307	1	15,2	3,8	ok!
		Pequenas (Vão da Escada)	1,12	0	0	1,8	0,3	0,4678	0,240	1	15,2	3,8	ok!
P4 P5 P6		3,56	246,4	0	38,2	3,2	1,839	1,273	1	15,2	3,8	ok!	
Secundarias	P7 P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,385	1,190	1	15,2	3,8	ok!	
	2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616	0,493	1	15,2	3,8	ok!	
	Especial 2.1	1,02	0	0	3,1	1,4	0,6069	0,413	1	15,2	3,8	ok!	
	Especial 2.2	1,02	0	0	5,7	1,3	0,8708	0,760	1	15,2	3,8	ok!	
	Especial 2.3	1,02	0	0	3,3	1,5	0,6057	0,440	1	15,2	3,8	ok!	
	1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242	0,347	1	15,2	3,8	ok!	
	1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,11	0,360	1	15,2	3,8	ok!	
	Especial 1	2,05	0	0	3,4	5,5	6,266	0,627	1	15,2	3,8	ok!	
	2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	0,444	1	15,2	3,8	ok!	
	10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	3,1	7,3	6,71	0,404	1	15,2	3,8	ok!	
	10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,925	0,369	1	15,2	3,8	ok!	
	10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,35	0,233	1	15,2	3,8	ok!	
	Terciarias	1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,040	1	15,2	3,8	ok!
		2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002963	0,053	1	15,2	3,8	ok!
		3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,053	1	15,2	3,8	ok!
4		0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,053	1	15,2	3,8	ok!	
5 - sem parede		0,47	0	0	0,4	0,1	0,005653	0,053	1	15,2	3,8	ok!	
6 - com parede		0,47	0	0	1,5	0,1	0,01387	0,200	1	15,2	3,8	ok!	
7 - com parede		0,57	0	0	2,2	0,3	0,04759	0,293	1	15,2	3,8	ok!	
8 - com parede		0,57	0	0	2,4	0,3	0,05304	0,320	1	15,2	3,8	ok!	
9		0,52	0	0	2,4	0,3	0,05638	0,320	1	15,2	3,8	ok!	
10		0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,067	1	15,2	3,8	ok!	
Mão Francesa	P4 P5 P6	2,3	33	20,5	0	0	irrelevante	0,000	1	15,2	3,8	ok!	
	P7 P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	0,013	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante	0,000	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	0,000	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	0,033	1	15,2	3,8	ok!	
	Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	0,020	1	15,2	3,8	ok!	
Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	0,053	1	15,2	3,8	ok!		
Escada considerada isoladamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	0,133	1	15,2	3,8	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	0,187	1	15,2	3,8	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,053	1	15,2	3,8	ok!	
	Deqruas	1	0	0	0,4	0,1	2,472	0,053	1	15,2	3,8	ok!	
Escada considerada em conjunto com a	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	39	0	1,2	0,6	1,009	0,160	1	15,2	3,8	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	0,293	1	15,2	3,8	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,040	1	15,2	3,8	ok!	
Vigas	Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,093	1	15,2	3,8	ok!	
	Secundária	1,3	0	0	2,2	0,3	0,7399	0,293	1	15,2	3,8	ok!	
	Borda 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	0,147	1	15,2	3,8	ok!	
Borda 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,303	0,209	1	15,2	3,8	ok!		

Fonte: Autoria Própria

10.1.11 Planilha – 2º Pavimento – Flexão Simples Reto (ELU)

Tabela 110 – Flexão Simples Reto do 2º Pavimento (ELU)

Viga		Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortant e Transversal Máximas	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexão Simples Reto								
								Momento Inércia I (m <sup>4</sup> )	yc <sub>xyt</sub> (m/2)	Mód de Resistência W	Tensão (MPa)	f <sub>m,d</sub> = f <sub>oed</sub>	Conferc ? Tensão < Máx?			
Primárias	Borda	Norte 01 P1-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	4,22E-05	0,075	5,63E-04	3,42	15,2	ok!		
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,335	2,81E-05	0,075	3,75E-04	8,00	15,2	ok!		
		Norte 03 P14-P3	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	2,81E-05	0,075	3,75E-04	8,53	15,2	ok!		
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	2,81E-05	0,075	3,75E-04	3,07	15,2	ok!		
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	2,81E-05	0,075	3,75E-04	5,60	15,2	ok!		
		Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658	1,41E-05	0,075	1,88E-04	3,07	15,2	ok!		
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	1,41E-05	0,075	1,88E-04	10,67	15,2	ok!		
		Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	1,41E-05	0,075	1,88E-04	8,53	15,2	ok!		
		Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	1,41E-05	0,075	1,88E-04	7,47	15,2	ok!		
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	2,81E-05	0,075	3,75E-04	5,60	15,2	ok!		
		Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	3,1	5,9	1,3	1,973	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,93	15,2	ok!		
		Internas	Internas	P5-Borda Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	4,22E-05	0,075	5,63E-04	10,84	15,2	ok!
P5-P8	2,33			0	0	1,9	1,2	1,808	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,40	15,2	ok!		
P8-Borda Sul	2,33			0	0	4,6	2,9	4,255	2,81E-05	0,075	3,75E-04	7,73	15,2	ok!		
Pequenas (Vão da Escada)	1,12			0	0	1,8	0,9	0,4678	1,41E-05	0,075	1,88E-04	4,80	15,2	ok!		
P4 P5 P6	3,56			246,4	0	38,2	3,2	1,839	1,00E-04	0,1	1,00E-03	3,20	15,2	ok!		
P7 P8 P9	3,56			226,7	0	35,7	8,7	2,385	1,00E-04	0,1	1,00E-03	8,70	15,2	ok!		
2,40m sem parede	2,40			0	0	3,7	2,5	3,616	1,41E-05	0,075	1,88E-04	13,33	15,2	ok!		
Especial 2.1	1,02			0	0	3,1	1,4	0,6069	1,41E-05	0,075	1,88E-04	7,47	15,2	ok!		
Especial 2.2	1,02			0	0	5,7	1,9	0,8708	1,41E-05	0,075	1,88E-04	10,13	15,2	ok!		
Especial 2.3	1,02			0	0	3,3	1,5	0,6057	1,41E-05	0,075	1,88E-04	8,00	15,2	ok!		
1,80m sem parede	1,80			0	0	2,6	1,3	2,242	1,41E-05	0,075	1,88E-04	6,33	15,2	ok!		
1,80m com parede	1,80			0	0	5,4	3	5,11	2,81E-05	0,075	3,75E-04	8,00	15,2	ok!		
Especial 1	2,05	0	0	3,4	5,5	6,266	2,81E-05	0,075	3,75E-04	14,67	15,2	ok!				
Secundárias	Secundárias	2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	4,22E-05	0,075	5,63E-04	10,13	15,2	ok!		
		Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	4,22E-05	0,075	5,63E-04	10,13	15,2	ok!		
		10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	3,1	7,3	6,71	4,22E-05	0,075	5,63E-04	12,98	15,2	ok!		
		10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,925	4,22E-05	0,075	5,63E-04	11,20	15,2	ok!		
		10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,95	2,81E-05	0,075	3,75E-04	8,27	15,2	ok!		
		Terciárias	Terciárias	1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!
				2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002363	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!
				3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!
				4	0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!
				5 - sem parede	0,47	0	0	0,4	0,1	0,005653	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!
				6 - com parede	0,47	0	0	1,5	0,1	0,01387	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!
				7 - com parede	0,57	0	0	2,2	0,3	0,04759	1,41E-05	0,075	1,88E-04	1,60	15,2	ok!
8 - com parede	0,57			0	0	2,4	0,3	0,05304	1,41E-05	0,075	1,88E-04	1,60	15,2	ok!		
9	0,52			0	0	2,4	0,3	0,05638	1,41E-05	0,075	1,88E-04	1,60	15,2	ok!		
10	0,56			0	0	0,5	0,1	0,0141	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!		
Mão Francesa	Mão Francesa			P4 P5 P6	2,9	33	20,5	0	0	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,00	15,2	ok!
				P7 P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,53	15,2	ok!
		Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!		
		Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,00	15,2	ok!		
		Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,00	15,2	ok!		
		Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!		
		Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!		
		Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!		
		Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,80	15,2	ok!		
		Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	2,81E-05	0,075	3,75E-04	0,27	15,2	ok!		
		Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	1,41E-05	0,075	1,88E-04	1,07	15,2	ok!		
		Escadas consideradas isoladamente	Escadas consideradas isoladamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	1,41E-05	0,075	1,88E-04	2,13	15,2	ok!
2ª viga (baixo pra cima)	2,62			0,8	0,8	1,4	1	1,572	1,41E-05	0,075	1,88E-04	5,33	15,2	ok!		
3ª viga (baixo pra cima)	0,31			0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!		
Degraus	1			0	0	0,4	0,1	2,472	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!		
1ª viga (baixo pra cima)	1,58			39	0	1,2	0,6	1,009	1,41E-05	0,075	1,88E-04	3,20	15,2	ok!		
2ª viga (baixo pra cima)	2,62			33,8	0	2,2	0,8	2,607	1,41E-05	0,075	1,88E-04	4,27	15,2	ok!		
Escadas consideradas em conjunto com a viga	Escadas consideradas em conjunto com a viga	3ª viga (baixo pra cima)	0,31	6,1	0	0,3	0,1	1,027	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!		
		Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	1,41E-05	0,075	1,88E-04	0,53	15,2	ok!		
		Secundária	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7339	1,41E-05	0,075	1,88E-04	4,80	15,2	ok!		
		Borda 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	1,41E-05	0,075	1,88E-04	2,67	15,2	ok!		
Borda 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,303	4,22E-05	0,075	5,63E-04	6,40	15,2	ok!				

Fonte: Autoria Própria

10.1.12 Planilha – 2º Pavimento – Flexão Simples Oblíqua (ELU)  
Tabela 111 – Flexão Simples Oblíqua do 2º Pavimento (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal M <sub>xi</sub>	Tracção M <sub>xi</sub>	Cortant e Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexão Simples Oblíqua (5 graus para a cobertura)											
								Tensão Mxd	Tensão Myd	Im (enflexão retang)	Im (enflexão diverg)as	f <sub>m,d</sub> = f <sub>o,d</sub>	$\frac{\sigma_{Mxd}}{f_{td}} + k_{\theta} \frac{\sigma_{Myd}}{f_{td}} \leq 1$	$\frac{\sigma_{Mxd}}{k_{\theta} f_{td}} + \frac{\sigma_{Myd}}{f_{td}} \leq 1$	Conforme Equações 11?				
Primarias	Bordas	Norte 01 P1-P13	150	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431											
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,935											
		Norte 03 P14-P3	150	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165											
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431											
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124											
		Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658											
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623											
		Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527											
		Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688											
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332											
Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	8,1	5,9	1,3	1,873													
Primarias	Interiores	P5-Bordas Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76											
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808											
		P8-Bordas Sul	2,33	0	0	4,6	2,9	4,255											
		Pequenas (Vão da Escada)	1,12	0	0	1,8	0,9	0,4678											
		P4 P5 P6	3,56	246,4	0	38,2	8,2	1,833											
Secundarias		PT P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,385											
		2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616											
		Especial 2.1	1,02	0	0	3,1	1,4	0,6063											
		Especial 2.2	1,02	0	0	5,7	1,9	0,8708											
		Especial 2.3	1,02	0	0	3,3	1,5	0,6037											
		1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242											
		1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,31											
		Especial 1	2,05	0	0	3,4	5,5	6,266											
		2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767											
		10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	3,1	7,3	6,71											
		10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,325											
		10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,95											
		Terciarias		1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194									
				2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002369									
				3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604									
4	0,45			0	0	0,4	0,1	0,00475											
5 - com parede	0,47			0	0	0,4	0,1	0,005853											
6 - com parede	0,47			0	0	1,5	0,1	0,01387											
7 - com parede	0,57			0	0	2,2	0,3	0,04759											
8 - com parede	0,57			0	0	2,4	0,3	0,05304											
9	0,52			0	0	2,4	0,3	0,05638											
10	0,56			0	0	0,5	0,1	0,0141											
Mód. Franseira		P4 P5 P6	2,3	33	20,5	0	0	irrelevante											
		PT P8 P9	1,33	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante											
		Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante											
		Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante											
		Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante											
		Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante											
		Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante											
		Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante											
		Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante											
		Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante											
Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante													
Escadas consideradas acidentalmente		1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956											
		2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572											
		3ª viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955											
Escadas consideradas em cobertura		1 Degraus	1	0	0	0,4	0,1	2,472											
		1ª viga (baixo pra cima)	1,58	3,8	0	1,2	0,6	1,003											
		2ª viga (baixo pra cima)	2,62	3,8	0	2,2	0,8	2,607											
		3ª viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027											
Varandas		Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188											
		Secundária	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7393											
		Borda 1,20m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702											
Borda 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,305													

Fonte: Autoria Própria

10.1.13 Planilha – 2º Pavimento – Flexotração (ELU)

Tabela 112 – Flexotração do 2º Pavimento 01 (ELU)

Vigas	Comprimento (m)	Normal Mx	Tração Mx	Cortant e Tração Total Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexotração											
							Tensão Méd	Tensão Myd	Tensão Tração (MPa)	km (seção retang)	km (seções diversas)	fmd = fcod	f0d	$\frac{Q_{Ed}}{Q_{Ed}} \leq 1$	$\frac{Q_{Ed}}{Q_{Ed}} \leq 1$	$\frac{Q_{Ed}}{Q_{Ed}} \leq 1$	$\frac{Q_{Ed}}{Q_{Ed}} \leq 1$	$\frac{Q_{Ed}}{Q_{Ed}} \leq 1$
Primarias	Bordas	Norte 01 P13-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	3,4	0,000	1,133	0,7	1	15,2	15,2	0,694	0,508	ok!
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,335	8,0	0,000	1,373	0,7	1	15,2	15,2	0,617	0,459	ok!
		Norte 03 P14-P13	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	8,5	0,000	1,633	0,7	1	15,2	15,2	0,669	0,500	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	3,1	0,000	1,907	0,7	1	15,2	15,2	0,722	0,543	ok!
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	5,6	0,000	1,113	0,7	1	15,2	15,2	0,442	0,331	ok!
		Leste 01 P14-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,653	3,1	0,000	1,021	0,7	1	15,2	15,2	0,564	0,435	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	10,7	0,000	1,053	0,7	1	15,2	15,2	0,771	0,561	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	8,5	0,000	0,787	0,7	1	15,2	15,2	0,613	0,445	ok!
		Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	7,5	0,000	1,061	0,7	1	15,2	15,2	0,561	0,414	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	5,6	0,000	0,347	0,7	1	15,2	15,2	0,391	0,281	ok!
		Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	3,1	5,9	1,3	1,975	6,9	0,000	1,213	0,7	1	15,2	15,2	0,536	0,393	ok!
		P5-Bordas Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	10,8	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,713	0,439	ok!
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	6,4	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,421	0,295	ok!
		P8-Bordas Sul	2,33	0	0	4,6	2,3	4,255	7,7	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,509	0,356	ok!
		Secundarias	Esquadria	Pequenas (Vão da Esquadria)	1,12	0	0	1,8	0,3	0,4678	4,8	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,316
P4 P5 P6	3,56			246,4	0	38,2	3,2	1,839	3,2	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,605	0,424	ok!
P7 P8 P9	3,56			296,7	0	35,7	8,7	2,985	8,7	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,572	0,401	ok!
2,40m sem parede	2,40			0	0	3,7	2,5	3,616	13,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,877	0,614	ok!
Especial 2.1	1,02			0	0	3,1	1,4	0,8063	7,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,431	0,344	ok!
Especial 2.2	1,02			0	0	5,7	1,9	0,8708	10,1	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,667	0,467	ok!
Especial 2.3	1,02			0	0	3,3	1,5	0,6057	8,0	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,526	0,368	ok!
1,80m sem parede	1,80			0	0	2,6	1,3	2,242	6,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,456	0,319	ok!
1,80m com parede	1,80			0	0	5,4	3	5,11	8,0	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,526	0,368	ok!
Especial 1	2,05			0	0	3,4	5,5	6,266	14,7	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,965	0,675	ok!
2,40 que recebe Especial 1	2,40			0	0	10	5,7	7,767	10,1	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,667	0,467	ok!
10x15 2,40m parede esquerda	2,40			0	0	3,1	7,3	6,71	13,0	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,854	0,598	ok!
10x15 2,40m parede direita	2,40			0	0	8,3	6,3	8,925	11,2	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,737	0,516	ok!
10x15 2,40m com parede	2,40			0	0	3,5	3,1	5,95	8,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,544	0,381	ok!
Terçarias	Mão Franca			1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035
		2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002363	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!
		3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!
		4	0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!
		5 - sem parede	0,47	0	0	0,4	0,1	0,005853	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!
		6 - com parede	0,47	0	0	1,5	0,1	0,01987	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!
		7 - com parede	0,57	0	0	2,2	0,3	0,04759	1,6	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,105	0,074	ok!
		8 - com parede	0,57	0	0	2,4	0,3	0,05304	1,6	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,105	0,074	ok!
		9	0,52	0	0	2,4	0,3	0,05638	1,6	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,105	0,074	ok!
		10	0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,5	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,035	0,025	ok!
		P4 P5 P6	2,3	33	20,5	0	0	irrelevante	0,0	0,000	1,367	0,7	1	15,2	15,2	0,030	0,030	ok!
		P7 P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	0,5	0,000	1,333	0,7	1	15,2	15,2	0,123	0,112	ok!
		Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	0,3	0,000	1,373	0,7	1	15,2	15,2	0,108	0,103	ok!
		Fachada Norte P	1	31,9	0	0	0	irrelevante	0,0	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,000	0,000	ok!
		Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	0,0	0,000	0,540	0,7	1	15,2	15,2	0,036	0,036	ok!
Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,373	0,7	1	15,2	15,2	0,042	0,037	ok!		
Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,993	0,7	1	15,2	15,2	0,083	0,078	ok!		
Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,018	0,012	ok!		
Fachada Leste Térreo cruze	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	0,8	0,000	0,927	0,7	1	15,2	15,2	0,114	0,098	ok!		
Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	0,3	0,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,018	0,012	ok!		
Fachada Oeste Térreo cruze	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	1,1	0,000	1,640	0,7	1	15,2	15,2	0,178	0,157	ok!		
Esquadria considerada secundarias	Esquadria considerada secundarias	1º viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	2,1	0,000	0,107	0,7	1	15,2	15,2	0,147	0,105	ok!
		2º viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	5,3	0,000	0,107	0,7	1	15,2	15,2	0,358	0,253	ok!
		3º viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,5	0,000	0,040	0,7	1	15,2	15,2	0,038	0,027	ok!
		Decaus	1	0	0	0,4	0,1	2,472	0,5	1,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,081	0,090	ok!
		1º viga (baixo pra cima)	1,58	3,9	0	1,2	0,6	1,009	3,2	2,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,303	0,279	ok!
		2º viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	4,3	3,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,419	0,394	ok!
Esquadria considerada secundarias	Esquadria considerada secundarias	3º viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,5	4,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,219	0,288	ok!
		Terçarias	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,5	5,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,265	0,354	ok!
		Secundarias	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7399	4,8	6,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,592	0,616	ok!
Vigante	Vigante	Bordas 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	2,7	7,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,498	0,583	ok!
		Bordas 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,902	6,4	8,000	0,000	0,7	1	15,2	15,2	0,789	0,821	ok!

Fonte: Autoria Própria

Na última análise desse quesito, as vigas de 3,56m do pórtico P4 P5 P6 e também do pórtico P7 P8 P9 não atendiam esse quesito. O problema foi sanado com a adição de 5 cm em altura da viga. Como mencionado, será feita outra análise.

10.1.14 Planilha – 2º Pavimento – Flexocompressão (ELU)

Tabela 113 – Flexocompressão do 2º Pavimento (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal M <sub>Ed</sub>	Tração M <sub>Ed</sub>	Cortant e Transversal Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Flexocompressão									
								Tensão M <sub>Ed</sub>	Tensão N <sub>Ed</sub>	lim (posição retang)	lim (posição diversa)	f <sub>m,d</sub> = f <sub>cod</sub>	$\left(\frac{\sigma_{Ed1}}{f_{ctd1}}\right)^2 + \frac{\sigma_{Ed2}}{f_{ctd2}} + \frac{\sigma_{Ed3}}{f_{ctd3}} + \frac{\sigma_{Ed4}}{f_{ctd4}} + \frac{\sigma_{Ed5}}{f_{ctd5}} + \frac{\sigma_{Ed6}}{f_{ctd6}} + \frac{\sigma_{Ed7}}{f_{ctd7}} + \frac{\sigma_{Ed8}}{f_{ctd8}} + \frac{\sigma_{Ed9}}{f_{ctd9}} + \frac{\sigma_{Ed10}}{f_{ctd10}}$	Controlo ? Tensão < f <sub>td</sub>			
Pavimento	Bordas	Norte 01 P1-P10	150	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	9,422	0,000	0,164	0,7	1	15,2	0,630	0,434	ok!
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,335	8,000	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,526	0,368	ok!
		Norte 03 P14-P3	150	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	8,533	0,000	1,440	0,7	1	15,2	0,570	0,402	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	3,067	0,000	0,680	0,7	1	15,2	0,538	0,420	ok!
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	5,600	0,000	0,807	0,7	1	15,2	0,371	0,261	ok!
		Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658	3,067	0,000	1,840	0,7	1	15,2	0,611	0,432	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	10,667	0,000	0,560	0,7	1	15,2	0,703	0,493	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	8,533	0,000	1,653	0,7	1	15,2	0,573	0,405	ok!
		Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	7,467	0,000	1,893	0,7	1	15,2	0,507	0,359	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	5,600	0,000	0,673	0,7	1	15,2	0,370	0,260	ok!
Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	3,1	5,9	1,3	1,973	6,933	0,000	1,773	0,7	1	15,2	0,470	0,333	ok!		
Pavimento	INTERIORES	P5-Bordas Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	10,844	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,713	0,439	ok!
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	6,400	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,421	0,235	ok!
		P8-Bordas Sul	2,33	0	0	4,6	2,3	4,255	7,733	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,509	0,356	ok!
		Pequenas (V50 ds Escadas)	1,12	0	0	1,8	0,3	0,4678	4,800	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,316	0,221	ok!
		P4 P5 P6	3,56	246,4	0	38,2	3,2	1,839	3,200	0,000	8,213	0,7	1	15,2	0,897	0,716	ok!
		P7 P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,385	8,700	0,000	7,557	0,7	1	15,2	0,820	0,648	ok!
		2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616	13,333	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,877	0,614	ok!
		Especial 2.1	1,02	0	0	3,1	1,4	0,6063	7,467	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,431	0,344	ok!
		Especial 2.2	1,02	0	0	5,7	1,9	0,8708	10,133	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,667	0,467	ok!
		Especial 2.3	1,02	0	0	3,3	1,5	0,6667	8,000	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,526	0,368	ok!
Pavimento	Secundárias	1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242	6,933	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,456	0,319	ok!
		1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,11	8,000	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,526	0,368	ok!
		Especial 1	2,05	0	0	3,4	5,5	6,266	14,667	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,365	0,675	ok!
		2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	10,133	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,667	0,467	ok!
		10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	3,1	7,3	6,71	12,978	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,854	0,598	ok!
		10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,325	11,200	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,737	0,516	ok!
		10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,35	8,267	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,544	0,381	ok!
		1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!
		2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002963	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!
		3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!
4	0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!		
5 - sem parede	0,47	0	0	0,4	0,1	0,005653	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!		
6 - com parede	0,47	0	0	1,5	0,1	0,01387	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!		
7 - com parede	0,57	0	0	2,2	0,3	0,04753	1,600	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,105	0,074	ok!		
8 - com parede	0,57	0	0	2,4	0,3	0,05304	1,600	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,105	0,074	ok!		
9	0,52	0	0	2,4	0,3	0,05838	1,600	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,105	0,074	ok!		
10	0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,533	0,000	0,000	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!		
Pavimento	Mão Franca	P4 P5 P6	2,3	33	20,5	0	0	irrelevante	0,000	0,000	2,200	0,7	1	15,2	0,021	0,021	ok!
		P7 P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	0,533	0,000	2,227	0,7	1	15,2	0,057	0,046	ok!
		Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	0,267	0,000	3,000	0,7	1	15,2	0,056	0,051	ok!
		Fachada Norte P	1	37,3	0	0	0	irrelevante	0,000	0,000	2,527	0,7	1	15,2	0,028	0,028	ok!
		Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	0,000	0,000	1,013	0,7	1	15,2	0,004	0,004	ok!
		Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	0,267	0,000	2,760	0,7	1	15,2	0,051	0,045	ok!
		Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,3	0,3	0,1	irrelevante	0,267	0,000	1,247	0,7	1	15,2	0,024	0,019	ok!
		Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	0,267	0,000	1,833	0,7	1	15,2	0,032	0,027	ok!
		Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,3	13,9	0,5	0,3	irrelevante	0,800	0,000	0,727	0,7	1	15,2	0,055	0,039	ok!
		Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	0,267	0,000	1,347	0,7	1	15,2	0,025	0,020	ok!
Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	1,067	0,000	1,320	0,7	1	15,2	0,086	0,065	ok!		
Pavimento	Escadas cobertas isoladamente	1º viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	2,133	0,000	0,067	0,7	1	15,2	0,140	0,038	ok!
		2º viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	5,333	0,000	0,107	0,7	1	15,2	0,351	0,246	ok!
		3º viga (baixo pra cima)	0,31	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,533	0,000	0,040	0,7	1	15,2	0,035	0,025	ok!
		Descruz	1	0	0	0,4	0,1	2,472	0,533	1,000	0,000	0,7	1	15,2	0,081	0,090	ok!
		1º viga (baixo pra cima)	1,58	39	0	1,2	0,6	1,009	3,200	2,000	5,200	0,7	1	15,2	0,420	0,396	ok!
Pavimento	Escadas cobertas em conjunto	2º viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	4,267	3,000	4,507	0,7	1	15,2	0,507	0,482	ok!
		3º viga (baixo pra cima)	0,31	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,533	4,000	0,813	0,7	1	15,2	0,222	0,291	ok!
		Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,533	5,000	0,000	0,7	1	15,2	0,265	0,354	ok!
		Secundária	1,3	0	0	2,2	0,3	0,7393	4,800	6,000	0,000	0,7	1	15,2	0,532	0,616	ok!
		Bordas 1,20m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	2,667	7,000	0,000	0,7	1	15,2	0,438	0,583	ok!
Bordas 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,803	6,400	8,000	0,000	0,7	1	15,2	0,789	0,821	ok!		

Fonte: Autoria Própria

## 10.1.15 Planilha – 2º Pavimento – Cisalhamento Longitudinal em Vigas (ELU)

Tabela 114 – Cisalhamento Longitudinal em Vigas do 2º Pavimento (ELU)

Vigas	Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortant e Transv. real Máxima	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Cisalhamento Longitudinal em Vigas						
							Tensão (MPa)	Tensão para Entalhes de 3cm	fe0d	fv0ds = 0,12*fv0d	Confere ? Tensão < Máx?		
Primarias	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	0,833	1,042	15,2	1,824	ok!
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,935	0,750	0,938	15,2	1,824	ok!
		Norte 03 P14-P3	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	1,430	1,788	15,2	1,824	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	1,060	1,325	15,2	1,824	ok!
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	0,730	0,913	15,2	1,824	ok!
		Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	1,7	6,5	1,7	3,658	1,300	1,625	15,2	1,824	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,9	6,1	2	0,5623	1,220	1,525	15,2	1,824	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	1,220	1,525	15,2	1,824	ok!
		Oeste 01 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	1,220	1,525	15,2	1,824	ok!
		Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	0,590	0,738	15,2	1,824	ok!
	Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	3,1	5,9	1,3	1,973	1,180	1,475	15,2	1,824	ok!	
	Internas	P5-Borda Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	0,715	0,892	15,2	1,824	ok!
		P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	0,360	0,450	15,2	1,824	ok!
		P8-Borda Sul	2,33	0	0	4,6	2,9	4,255	0,460	0,575	15,2	1,824	ok!
		Pequenas (Vão da Escada)	1,12	0	0	1,8	0,9	0,4678	0,360	0,450	16,2	1,944	ok!
P4 P5 P6		3,56	246,4	0	38,2	9,2	1,893	1,910	2,388	17,2	2,064	ok!	
P7 P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,385	1,785	2,231	16,2	2,184	ok!		
Secundárias	2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616	0,740	0,925	19,2	2,304	ok!	
	Especial 2.1	1,02	0	0	3,1	1,4	0,6069	0,620	0,775	20,2	2,424	ok!	
	Especial 2.2	1,02	0	0	5,7	1,9	0,8708	1,140	1,425	15,2	1,824	ok!	
	Especial 2.3	1,02	0	0	3,3	1,5	0,6057	0,660	0,825	15,2	1,824	ok!	
	1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242	0,520	0,650	15,2	1,824	ok!	
	1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,11	0,540	0,675	15,2	1,824	ok!	
	Especial 1	2,05	0	0	3,4	5,5	6,266	0,940	1,175	15,2	1,824	ok!	
	2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	0,667	0,833	15,2	1,824	ok!	
	10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	3,1	7,3	6,71	0,607	0,758	15,2	1,824	ok!	
	10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,325	0,553	0,692	15,2	1,824	ok!	
10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,95	0,350	0,438	15,2	1,824	ok!		
Terciárias	1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,060	0,075	15,2	1,824	ok!	
	2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002963	0,080	0,100	15,2	1,824	ok!	
	3	0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,080	0,100	15,2	1,824	ok!	
	4	0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,080	0,100	15,2	1,824	ok!	
	5 - sem parede	0,47	0	0	0,4	0,1	0,005653	0,080	0,100	15,2	1,824	ok!	
	6 - com parede	0,47	0	0	1,5	0,1	0,01987	0,300	0,375	15,2	1,824	ok!	
	7 - com parede	0,57	0	0	2,2	0,3	0,04759	0,440	0,550	15,2	1,824	ok!	
	8 - com parede	0,57	0	0	2,4	0,3	0,05304	0,480	0,600	15,2	1,824	ok!	
	9	0,52	0	0	2,4	0,3	0,05638	0,480	0,600	15,2	1,824	ok!	
	10	0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,100	0,125	15,2	1,824	ok!	
Mão Franca	P4 P5 P6	2,9	33	20,5	0	0	irrelevante	0,000	0,000	15,2	1,824	ok!	
	P7 P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	0,020	0,025	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante	0,000	0,000	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	0,000	0,000	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	0,050	0,063	15,2	1,824	ok!	
	Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	0,030	0,038	15,2	1,824	ok!	
Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	0,080	0,100	15,2	1,824	ok!		
Escada considerada isoladamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	0,200	0,250	15,2	1,824	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	0,280	0,350	15,2	1,824	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,080	0,100	15,2	1,824	ok!	
Escada considerada em conjunto com a	Degraus	1	0	0	0,4	0,1	2,472	0,080	0,100	15,2	1,824	ok!	
	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	39	0	1,2	0,6	1,003	0,240	0,300	15,2	1,824	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	0,440	0,550	15,2	1,824	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,060	0,075	15,2	1,824	ok!	
Varandas	Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,140	0,175	15,2	1,824	ok!	
	Secundária	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7399	0,440	0,550	15,2	1,824	ok!	
	Borda 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3102	0,220	0,275	15,2	1,824	ok!	
Borda 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,303	0,313	0,392	15,2	1,824	ok!		

Fonte: Autoria Própria

10.1.16 Planilha – 2º Pavimento – Estabilidade Lateral (ELU)

Tabela 115 – Estabilidade Lateral do 2º Pavimento (ELU)

Vigas		Comprimento (m)	Normal Máx	Tração Máx	Cortant e Tração real Máximos	Momento Máximo	Deslocamento Máximo (mm)	Estabilidade Lateral								
								L1	b	E0,ef	betsM	f <sub>m,d</sub> = f <sub>c0,d</sub>	L1 / b	E0,ef / betsM * f <sub>m,d</sub>	L <sub>1,5</sub> / b <sub>1,5</sub>	
Principais	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	3,7	25,5	12,5	5,3	1,431	1,50	0,1	7426	7,4	15,2	15	66,021	ok!
		Norte 02 P13-P14	1,25	0	20,6	7,5	3	1,935	1,25	0,1	7426	7,4	15,2	12,5	66,021	ok!
		Norte 03 P14-P3	1,50	21,6	24,5	14,3	3,2	1,165	1,50	0,1	7426	7,4	15,2	15	66,021	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,2	28,6	10,6	3,4	1,431	2,30	0,1	7426	7,4	15,2	23	66,021	ok!
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,1	16,7	7,3	2,1	3,124	2,30	0,1	7426	7,4	15,2	23	66,021	ok!
		Leste 01 P1-P4	2,25	13,8	7,7	6,5	1,7	3,658	2,25	0,1	7426	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	4,2	7,3	6,1	2	0,5623	2,25	0,1	7426	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!
	Leste 03 P7-P10	2,25	12,4	5,9	6,1	1,6	3,527	2,25	0,1	7426	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!	
	Leste 04 P3-P6	2,25	14,2	8	6,1	1,4	2,688	2,25	0,1	7426	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!	
	Oeste 02 P6-P9	2,25	10,1	5,2	5,9	2,1	1,332	2,25	0,1	7426	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!	
	Oeste 03 P9-P12	2,25	13,3	9,1	5,9	1,3	1,973	2,25	0,1	7426	7,4	15,2	22,5	66,021	ok!	
	P5-Bordas Norte	2,33	0	0	10,7	6,1	5,76	2,33	0,1	7426	7,4	15,2	23,26	66,021	ok!	
	P5-P8	2,33	0	0	1,8	1,2	1,808	2,33	0,1	7426	7,4	15,2	23,3	66,021	ok!	
	P8-Bordas Sul	2,33	0	0	4,6	2,3	4,255	2,33	0,1	7426	7,4	15,2	23,26	66,021	ok!	
	Pequenas (Vão da Escada)	1,12	0	0	1,8	0,9	0,4678	1,12	0,1	7426	7,4	15,2	11,2	66,021	ok!	
Secundárias	P4 P5 P6	3,56	246,4	0	38,2	9,2	1,839	3,56	0,1	7426	7,4	15,2	35,6	66,021	ok!	
	PT P8 P9	3,56	226,7	0	35,7	8,7	2,385	3,56	0,1	7426	7,4	15,2	35,6	66,021	ok!	
	2,40m sem parede	2,40	0	0	3,7	2,5	3,616	2,40	0,1	7426	7,4	15,2	24	66,021	ok!	
	Especial 2,1	1,02	0	0	3,1	1,4	0,6063	1,02	0,1	7426	7,4	15,2	10,2	66,021	ok!	
	Especial 2,2	1,02	0	0	5,7	1,9	0,8708	1,02	0,1	7426	7,4	15,2	10,2	66,021	ok!	
	Especial 2,3	1,02	0	0	3,3	1,5	0,6057	1,02	0,1	7426	7,4	15,2	10,2	66,021	ok!	
	1,80m sem parede	1,80	0	0	2,6	1,3	2,242	1,80	0,1	7426	7,4	15,2	18	66,021	ok!	
	1,80m com parede	1,80	0	0	5,4	3	5,11	1,80	0,1	7426	7,4	15,2	18	66,021	ok!	
	Especial 1	2,05	0	0	3,4	5,5	6,266	2,05	0,1	7426	7,4	15,2	20,5	66,021	ok!	
	2,40 que recebe Especial 1	2,40	0	0	10	5,7	7,767	2,40	0,1	7426	7,4	15,2	24	66,021	ok!	
	10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0	0	3,1	7,3	6,71	2,40	0,1	7426	7,4	15,2	24	66,021	ok!	
	10x15 2,40m parede direita	2,40	0	0	8,3	6,3	8,925	2,40	0,1	7426	7,4	15,2	24	66,021	ok!	
	10x15 2,40m com parede	2,40	0	0	3,5	3,1	5,35	2,40	0,1	7426	7,4	15,2	24	66,021	ok!	
	Terceladas	1	0,36	0	0	0,3	0,1	0,00194	0,36	0,1	7426	7,4	15,2	3,6	66,021	ok!
		2	0,40	0	0	0,4	0,1	0,002369	0,40	0,1	7426	7,4	15,2	4	66,021	ok!
3		0,42	0	0	0,4	0,1	0,003604	0,42	0,1	7426	7,4	15,2	4,2	66,021	ok!	
4		0,45	0	0	0,4	0,1	0,00475	0,45	0,1	7426	7,4	15,2	4,5	66,021	ok!	
5 - sem parede		0,41	0	0	0,4	0,1	0,005653	0,41	0,1	7426	7,4	15,2	4,1	66,021	ok!	
6 - com parede		0,41	0	0	1,5	0,1	0,01301	0,41	0,1	7426	7,4	15,2	4,1	66,021	ok!	
7 - com parede		0,57	0	0	2,2	0,3	0,04353	0,57	0,1	7426	7,4	15,2	5,7	66,021	ok!	
8 - com parede		0,52	0	0	2,4	0,3	0,05304	0,52	0,1	7426	7,4	15,2	5,2	66,021	ok!	
9		0,52	0	0	2,4	0,3	0,05638	0,52	0,1	7426	7,4	15,2	5,2	66,021	ok!	
10		0,56	0	0	0,5	0,1	0,0141	0,56	0,1	7426	7,4	15,2	5,6	66,021	ok!	
Mão Franca	P4 P5 P6	2,3	33	20,5	0	0	irrelevante	2,30	0,1	7426	7,4	15,2	2,9	66,021	ok!	
	PT P8 P9	1,93	33,4	20	0,3	0,2	irrelevante	1,93	0,1	7426	7,4	15,2	19,3	66,021	ok!	
	Fachada Norte G	1,1	45	20,6	0,2	0,1	irrelevante	1,10	0,1	7426	7,4	15,2	11	66,021	ok!	
	Fachada Norte P	1	37,9	0	0	0	irrelevante	1,00	0,1	7426	7,4	15,2	10	66,021	ok!	
	Fachada Norte Janela	1,8	15,2	8,1	0	0	irrelevante	1,80	0,1	7426	7,4	15,2	18	66,021	ok!	
	Fachada Sul	1,35	41,4	5,6	0,3	0,1	irrelevante	1,35	0,1	7426	7,4	15,2	13,5	66,021	ok!	
	Fachada Sul Janela	2,5	18,7	14,9	0,3	0,1	irrelevante	2,50	0,1	7426	7,4	15,2	25	66,021	ok!	
	Fachada Leste Térreo MF sup	1,35	27,5	0	0,3	0,1	irrelevante	1,35	0,1	7426	7,4	15,2	13,5	66,021	ok!	
	Fachada Leste Térreo cruz	3,3	10,9	13,9	0,5	0,3	irrelevante	3,30	0,1	7426	7,4	15,2	33	66,021	ok!	
	Fachada Oeste Térreo MF sup	1,35	20,2	0	0,3	0,1	irrelevante	1,35	0,1	7426	7,4	15,2	13,5	66,021	ok!	
Fachada Oeste Térreo cruz	3,3	14,4	12,3	0,4	0,2	irrelevante	3,30	0,1	7426	7,4	15,2	33	66,021	ok!		
Escadas consideradas isoladamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1	0,4	0,1956	1,58	0,1	7426	7,4	15,2	15,8	66,021	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1	1,572	2,62	0,1	7426	7,4	15,2	26,2	66,021	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,91	0,1	7426	7,4	15,2	9,1	66,021	ok!	
	Deqraus	1	0	0	0,4	0,1	2,472	1,00	0,1	7426	7,4	15,2	10	66,021	ok!	
Escadas consideradas em conjunto com a	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	39	0	1,2	0,6	1,009	1,58	0,1	7426	7,4	15,2	15,8	66,021	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0	2,2	0,8	2,607	2,62	0,1	7426	7,4	15,2	26,2	66,021	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,91	6,1	0	0,3	0,1	1,027	0,91	0,1	7426	7,4	15,2	9,1	66,021	ok!	
Varrido	Terciária	0,62	0	0	0,7	0,1	0,02188	0,62	0,1	7426	7,4	15,2	6,2	66,021	ok!	
	Secundária	1,3	0	0	2,2	0,9	0,7399	1,30	0,1	7426	7,4	15,2	13	66,021	ok!	
	Bordas 1,30m	1,3	0	0	1,1	0,5	0,3702	1,30	0,1	7426	7,4	15,2	13	66,021	ok!	
	Bordas 2,45m	2,45	0	0	4,7	3,6	5,303	2,45	0,1	7426	7,4	15,2	24,5	66,021	ok!	

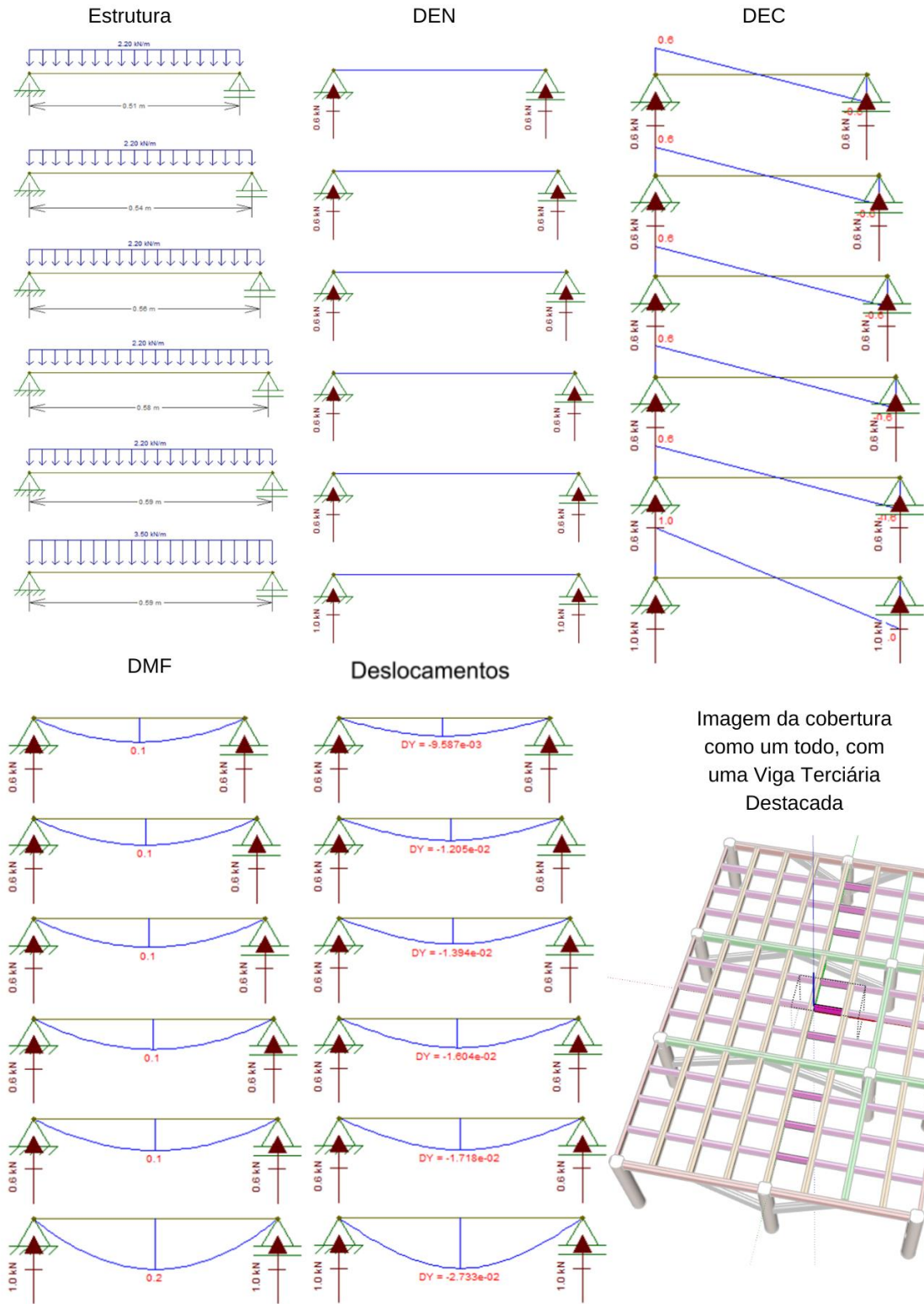
Fonte: Autoria Própria





### 11.1.1 Cobertura - Vigas Terciárias (ELS)

Figura 166 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias da cobertura



Fonte: Autoria Própria

Pode ser notado que existem diversas análises na mesma figura. Isso se deve aos diferentes comprimentos, que variam em unidades de centímetros. A única exceção que não se deve relevar é a última análise, pois a mesma apresenta uma carga adicional de 1,30KN/m além dos 2,20KN/m. Esse adicional se deve ao peso das claraboias, que descarregam na mesma. Essa carga adicional gerará reações de apoio mais elevadas, que serão traduzidas em forças concentradas nas Vigas Secundárias que também recebem as claraboias. Esse detalhe pode ser visto em duas imagens mais à frente.

A maneira de utilizar das informações do texto inicial desse capítulo e a imagem recém apresentada é a de entender que as vigas terciárias se apoiam nas Vigas Secundárias, que estão representadas em laranja. As reações de apoio das vigas terciárias podem ser traduzidas como cargas concentradas nas vigas secundárias. Segue a imagem esquemática, no mesmo padrão da imagem anterior, agora das vigas secundárias.

**11.1.2 Cobertura - Vigas Secundárias (ELS)**

Figura 167 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias da cobertura

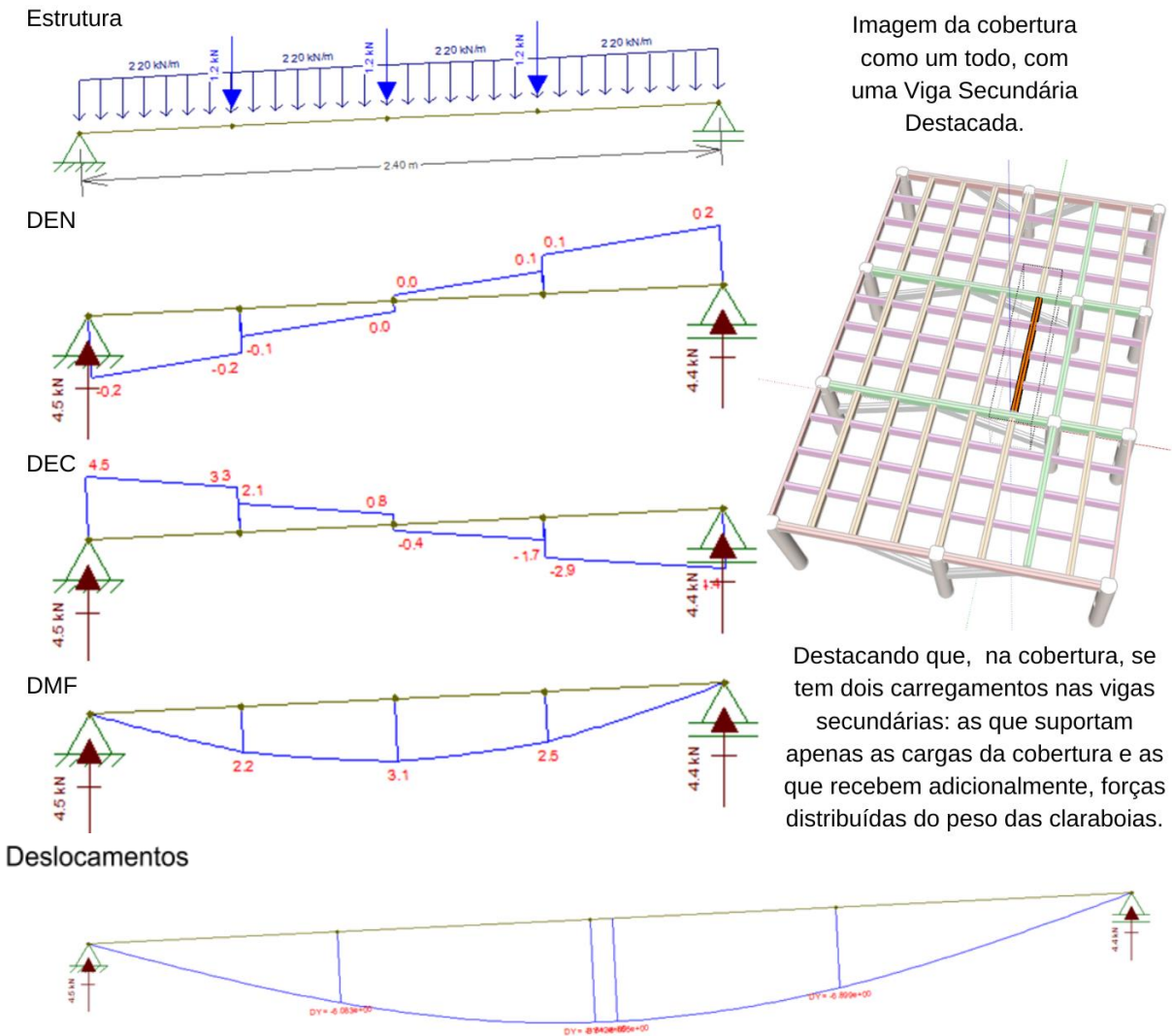


Imagem da cobertura como um todo, com uma Viga Secundária Destacada.

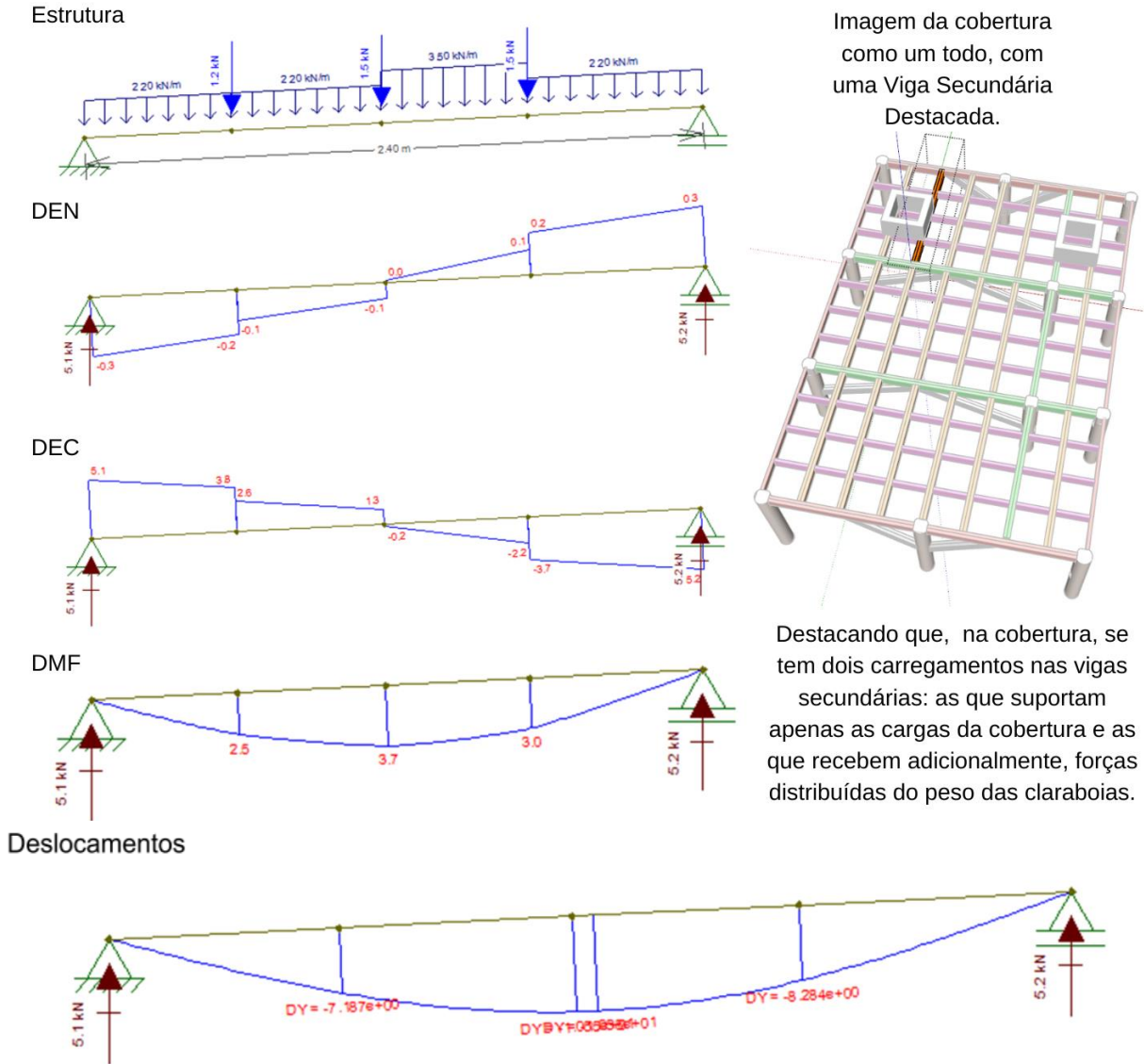
Destacando que, na cobertura, se tem dois carregamentos nas vigas secundárias: as que suportam apenas as cargas da cobertura e as que recebem adicionalmente, forças distribuídas do peso das claraboias.

Fonte: Autoria Própria

Observa-se que as cargas das vigas terciárias e as cargas uniformemente distribuídas devido ao peso da laje são sempre duplicadas. Isso acontece pois em cada ponto de apoio das vigas terciárias, existe uma viga terciária irmã do outro lado. E o mesmo ocorre com as cargas uniformemente distribuídas. Esse processo só não acontece nas bordas, ou seja, onde não existe as mesmas cargas vindo do “outro lado” da viga analisada. Esse mesmo raciocínio será utilizado daqui pra frente. E sobre o valor das cargas, o mesmo pode ser conferido na tabela 36, página 124.

### 11.1.3 Cobertura – Vigas Secundárias que recebem carga adicional da claraboia (ELS)

Figura 168 - Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que recebem carga adicional



Fonte: Autoria Própria

Vale destacar que, as Vigas Primárias Internas (cor verde), que estão paralelas ao eixo norte sul, apesar de possuírem comprimentos levemente diferentes, possuem o mesmo comportamento e conseqüentemente mesmas reações de apoio das Vigas Secundárias que recebem a claraboia. Para as Vigas Primárias Internas que estão no eixo Leste-Oeste, a análise será feita considerando toda a estrutura que contém

aquele eixo. O mesmo será feito para as fachadas externas: Norte, Sul, Leste e Oeste (e as análises também foram feitas nessa ordem).

Agora serão feitas as análises da estrutura da laje do segundo pavimento.

### 11.1.4 Segundo Pavimento - Vigas Terciárias (ELS)

Figura 169 – Esquema e análises estruturais das vigas terciárias do 2º pavimento.

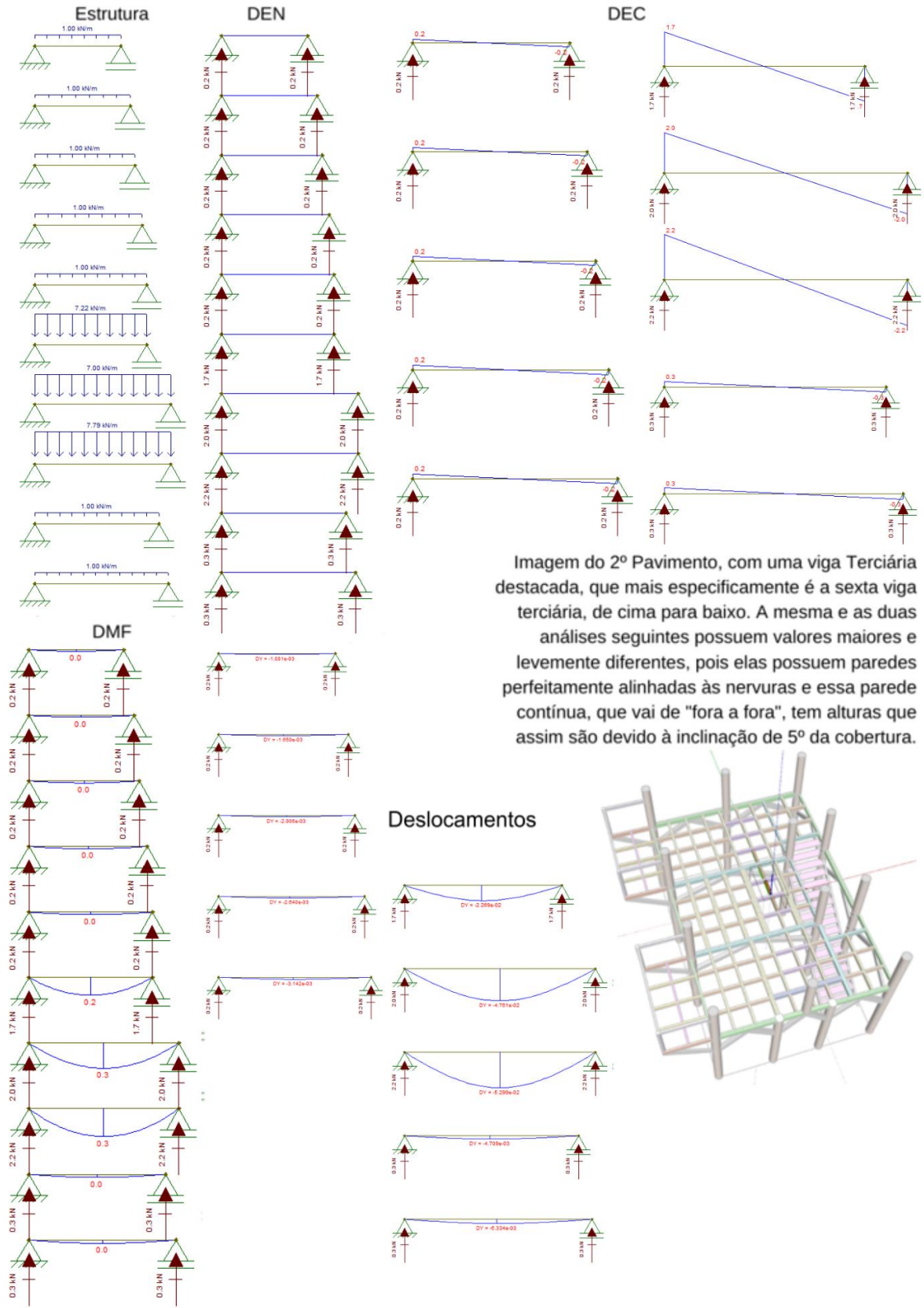
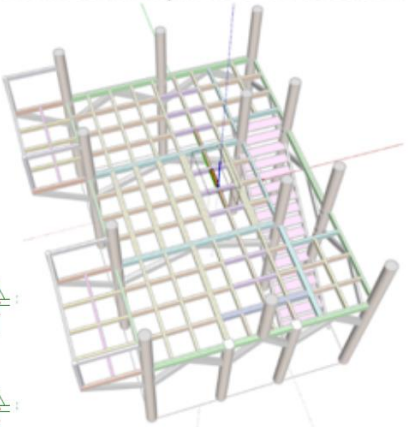


Imagem do 2º Pavimento, com uma viga Terciária destacada, que mais especificamente é a sexta viga terciária, de cima para baixo. A mesma e as duas análises seguintes possuem valores maiores e levemente diferentes, pois elas possuem paredes perfeitamente alinhadas às nervuras e essa parede contínua, que vai de "fora a fora", tem alturas que assim são devido à inclinação de 5º da cobertura.



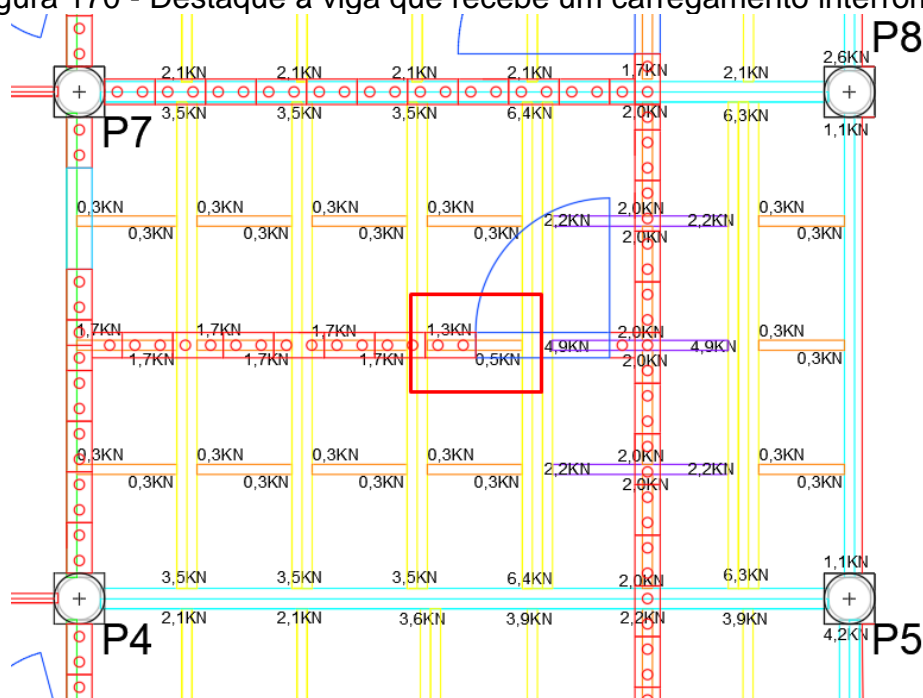
Fonte: Autoria Própria

A disposição das vigas terciárias da imagem acima, presentes na direção da viga terciária destacada na imagem, são diferentes das outras vigas terciárias. Isso acontece, pois nessa linha em que existe a mudança, tem de maneira perfeitamente alinhada, uma parede, que vai de fora a fora. Por isso, a carga presente seria demais para se ter uma viga secundária no local, que receberia sua carga ao longo de toda a sua extensão. A saída então foi de se ter várias vigas menores. As que estão alinhadas com a parede ainda são as terciárias, mas que cruzam as vigas terciárias, foram designadas 'Especial 02'. Elas serão analisadas mais à frente. Na imagem a seguir, uma ilustração da dita parede mostra o que foi dito.

Outro destaque é em relação à carga em si. As cargas maiores de 7 kN/m, 7,2 kN/m e 7,8 kN/m é o somatório das cargas das paredes (que deve ser lembrado que foram consideradas três alturas. Detalhes na tabela 7), somada com a carga uniformemente distribuída devido à laje.

Outro detalhe dessa laje, é uma das vigas terciárias que recebe a parede de direção leste-oeste, que tem uma das paredes interrompidas devido ao vão da porta do banheiro da suíte. Ela foi feita uma análise separada, pois a carga extra que esse vão gera na viga terciária não é um problema, mas sim um problema na viga em que a terciária se apoia. Segue uma imagem da viga mencionada, e de como a viga se posiciona em relação à parede.

Figura 170 - Destaque à viga que recebe um carregamento interrompido

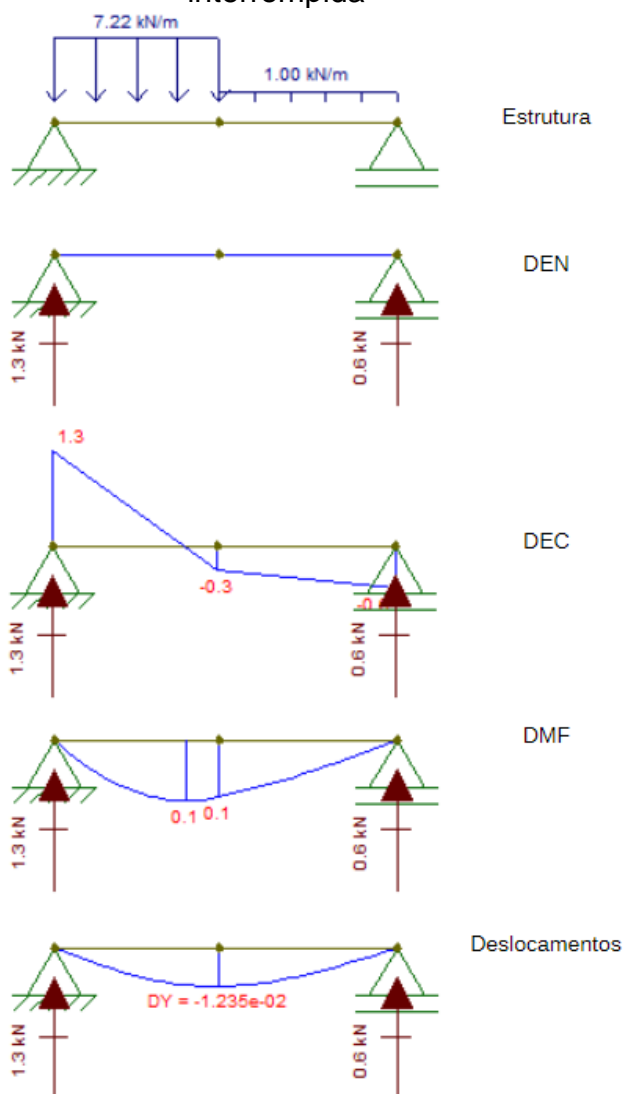


Fonte: Autoria própria

Sobre a figura 58, esse foi o processo elaborado pelo autor de conferência. A cada análise, se insere as reações próximas ao local de descarga da viga seguinte. Essa imagem completa será apresentada novamente após todas as análises individuais terem sido concluídas. Abaixo a análise da dita viga.

### 11.1.5 Segundo Pavimento – Viga secundária com carregamento interrompido

Figura 171 – Esquema e análises estruturais da viga terciária com carga interrompida

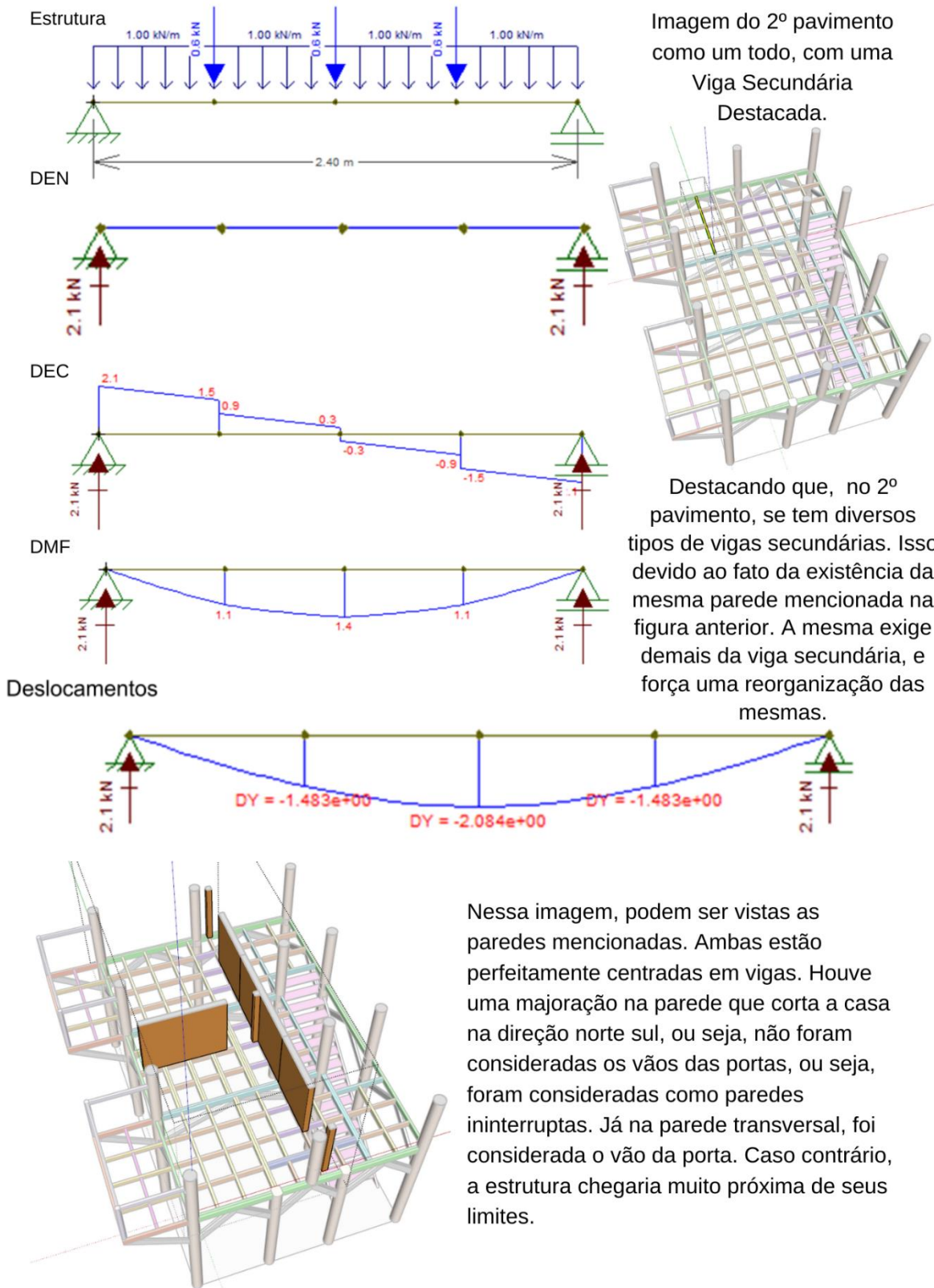


Fonte: Autoria própria



**11.1.6 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias sem cargas adicionais (ELS)**

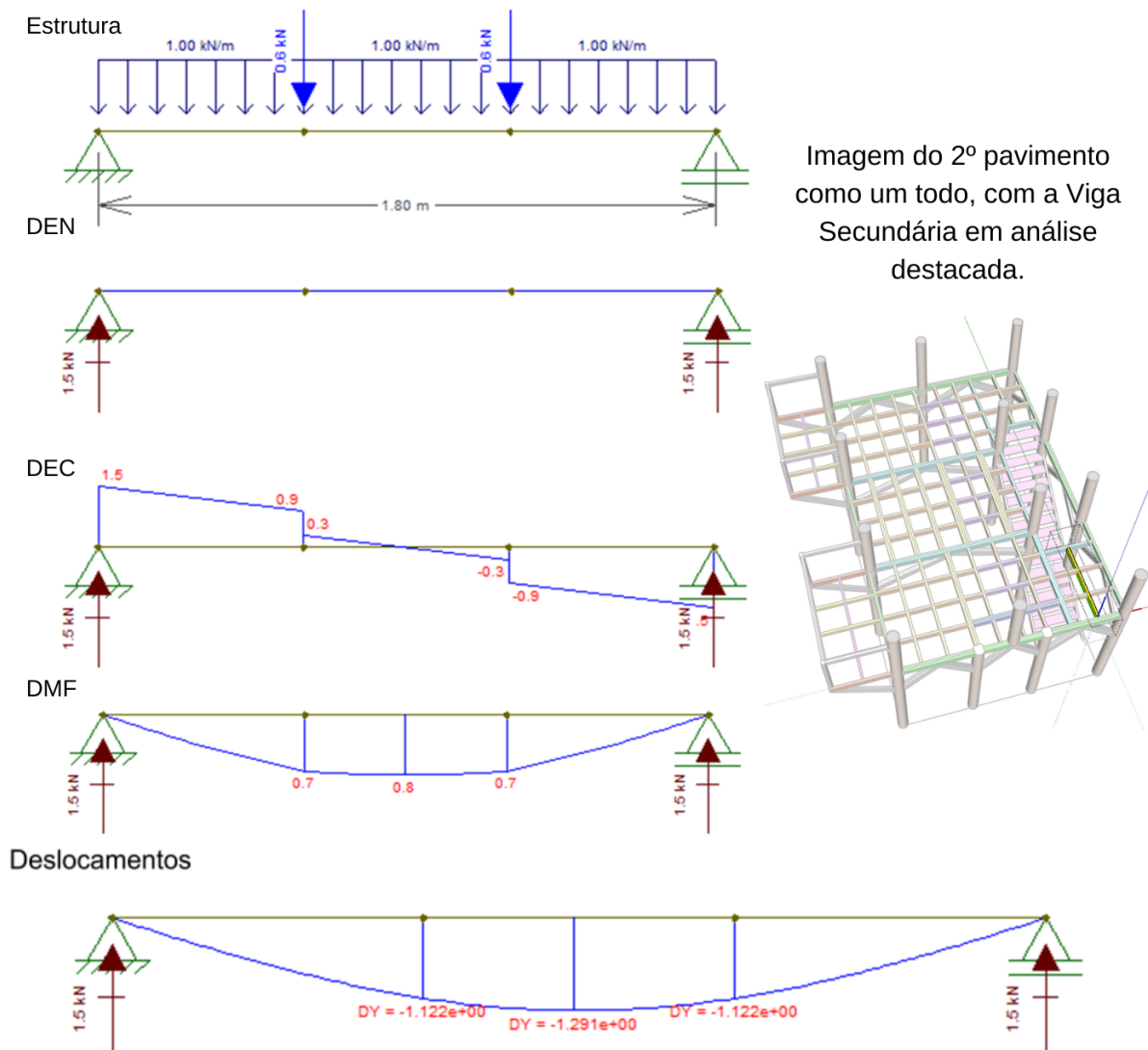
Figura 172 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias sem cargas adicionais



Fonte: Autoria Própria

### 11.1.7 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias “Recorte da Escada” (ELS)

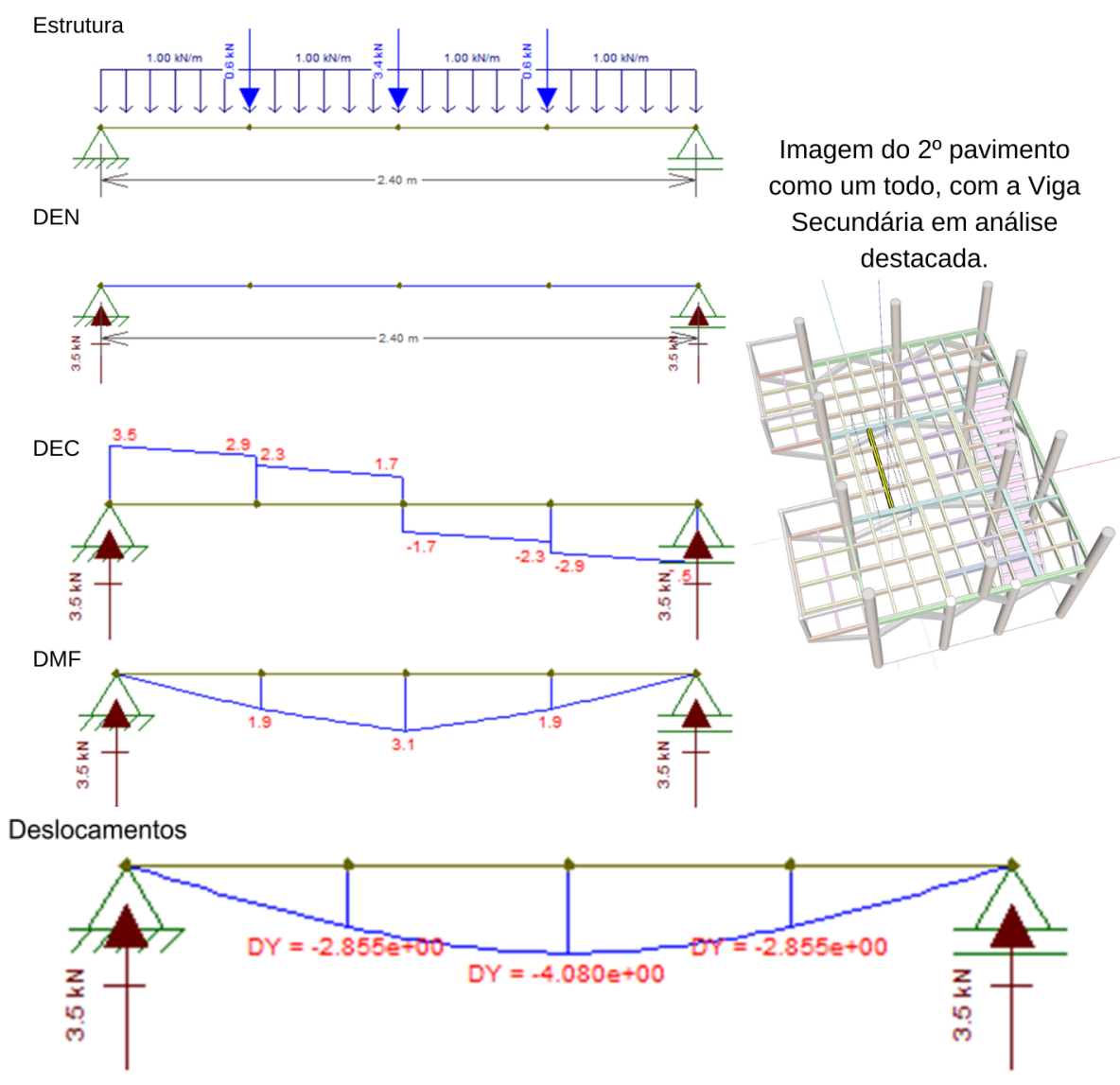
Figura 173 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias presentes nos recortes da escada



Fonte: Autoria Própria

### 11.1.8 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias que cruzam com a parede do banheiro (ELS)

Figura 174 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias que possuem carga concentrada



Fonte: Autoria Própria

Aqui pode ser visto a carga da viga terciária de 1,7 kN, que somada com a carga da outra viga terciária, tem seu valor somado final de 3,4 kN.

### 11.1.9 Segundo Pavimento – Vigas Secundárias Tipo Especial 02 (ELS)

Figura 175 – Esquema e análises estruturais das vigas secundárias tipo especial 02

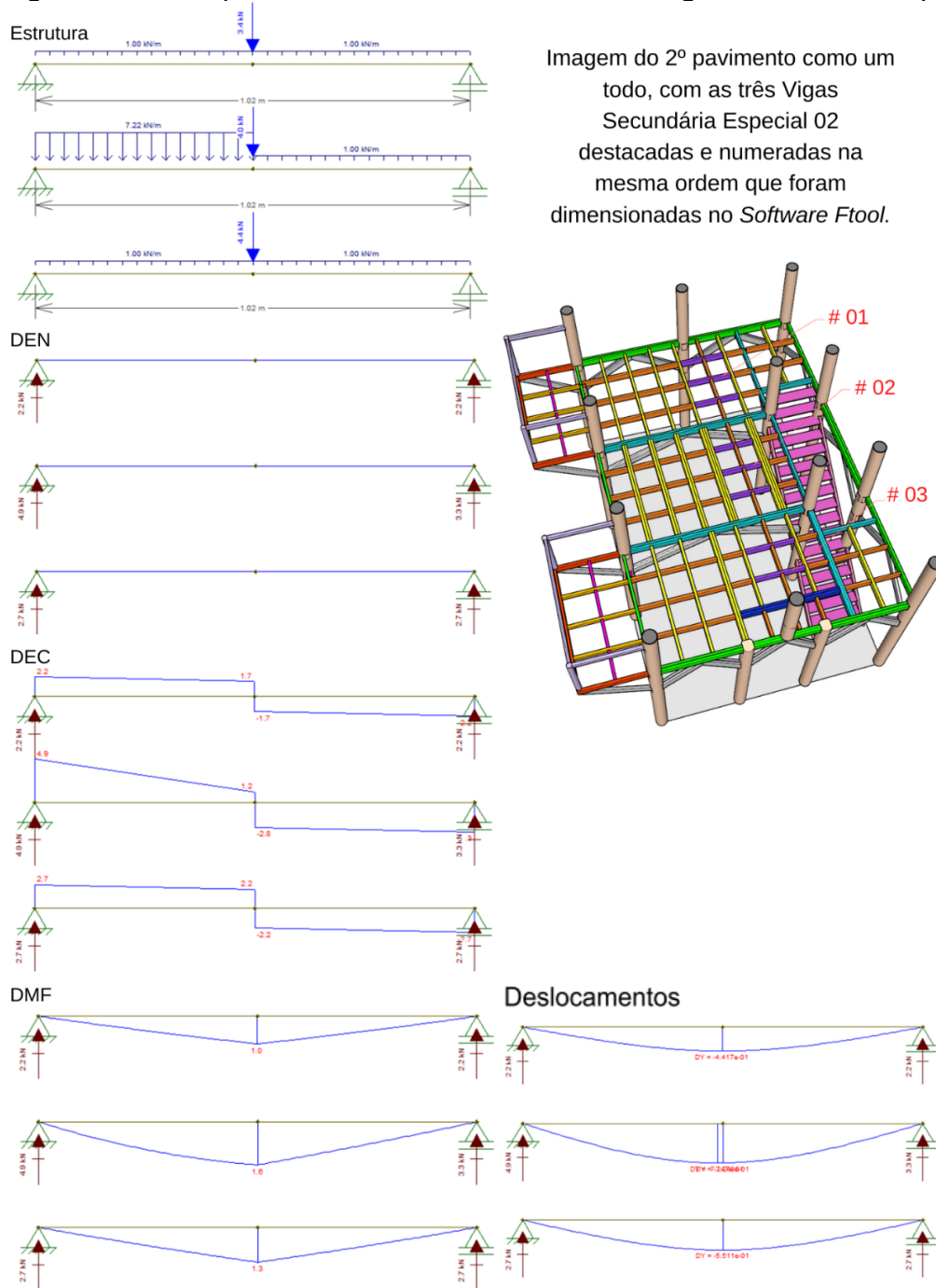


Imagem do 2º pavimento como um todo, com as três Vigas Secundária Especial 02 destacadas e numeradas na mesma ordem que foram dimensionadas no Software Ftool.

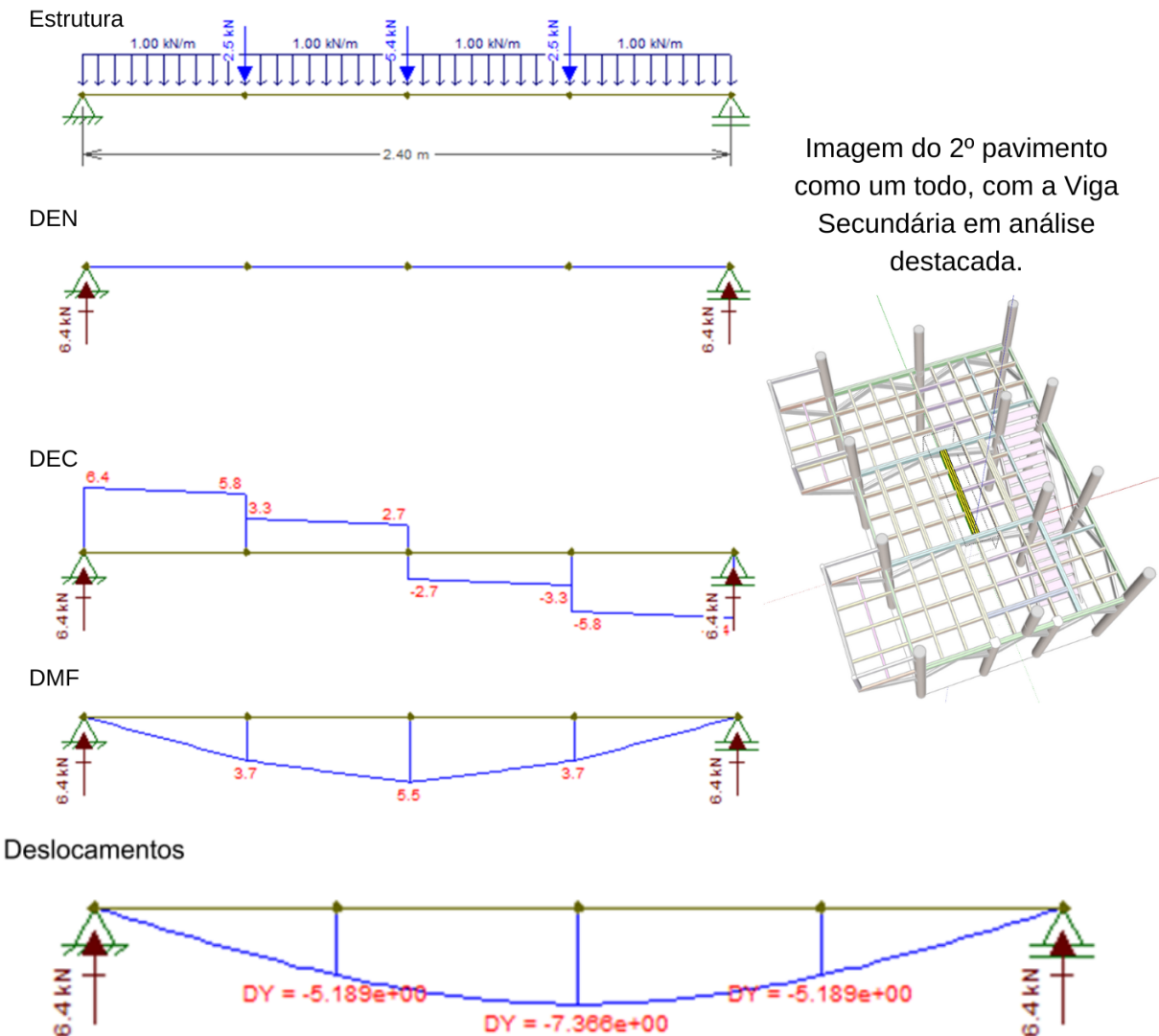
Fonte: Autoria Própria

Aqui pode ser visto que uma das cargas foi interrompida na sua metade. Isso representa o vão da parede, que aqui, teve que ser considerada. Se trata do vão da porta que dá acesso ao banheiro da suíte. A situação pode ser vista na figura 57.

Cada tipo de viga especial 02 mostrada na figura anterior é a representante de seu respectivo modelo. Os modelos foram separados em três, do mesmo jeito que existem três alturas de parede para o segundo pavimento. Para o descarregamento das outras vigas presentes na sub laje do meio para as vigas laterais, serão utilizadas as cargas da viga secundária especial 02 mais pesada.

### 11.1.10 Segundo Pavimento – Viga Secundária 15x15 (Esquerda) (ELS)

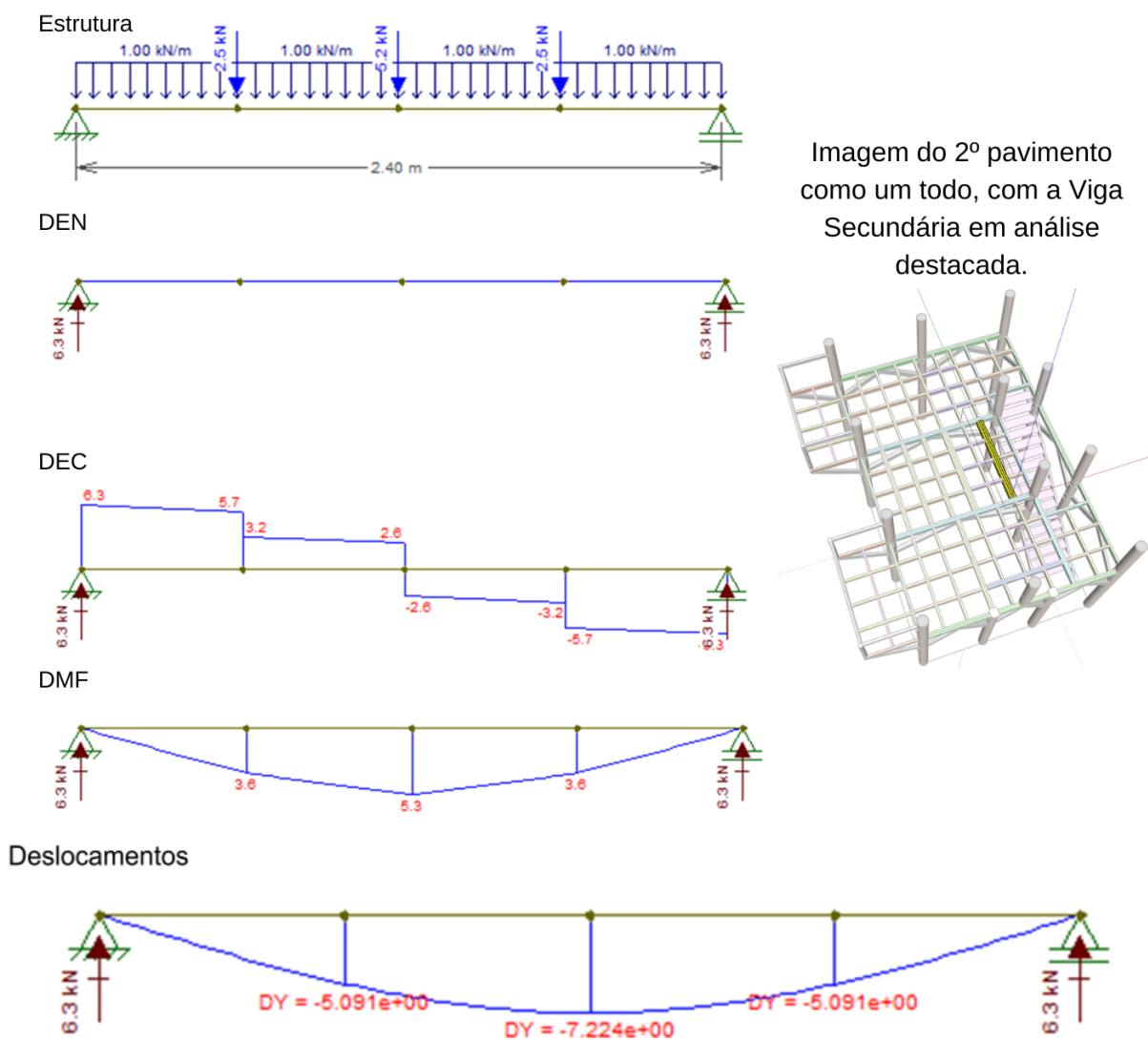
Figura 176 – Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias



Fonte: Autoria Própria

### 11.1.11 Segundo Pavimento - Vigas Secundárias 15x15 (Direita) (ELS)

Figura 177 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias

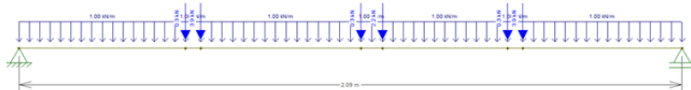


Fonte: Autoria Própria

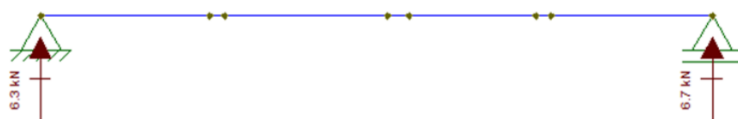
### 11.1.12 Segundo Pavimento – Viga Secundária Especial Tipo 01 (ELS)

Figura 178 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundária tipo especial 01

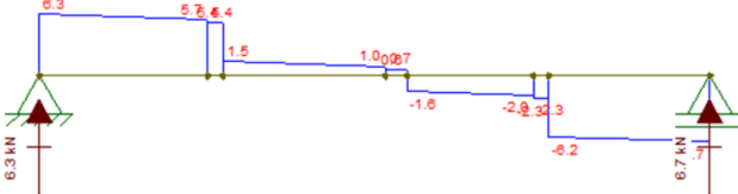
Estrutura



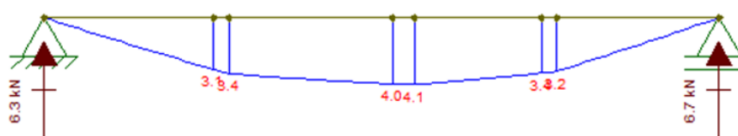
DEN



DEC



DMF



Deslocamentos

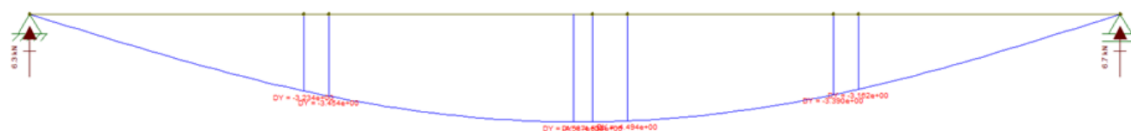
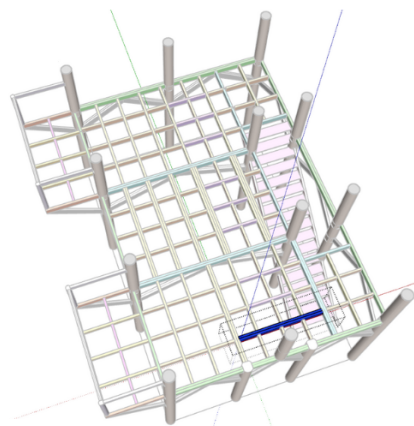


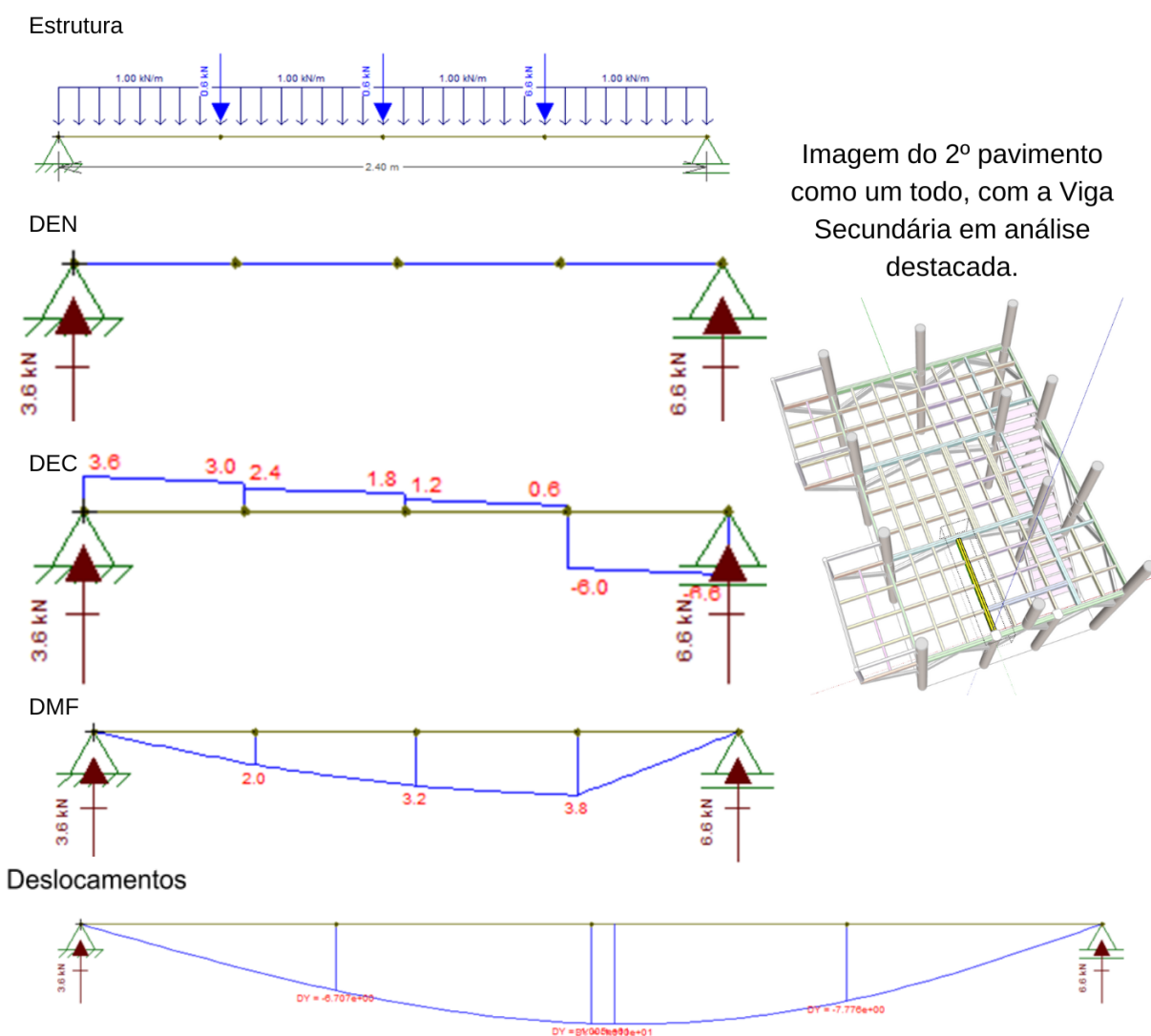
Imagem do 2º pavimento como um todo, com a Viga Secundária em análise destacada.



Fonte: Autoria Própria

### 11.1.13 Segundo Pavimento – Viga Secundária que recebe ‘Especial 01’

Figura 179 – Esquema e análises estruturais da viga secundária que “recebe” ‘Especial 01’

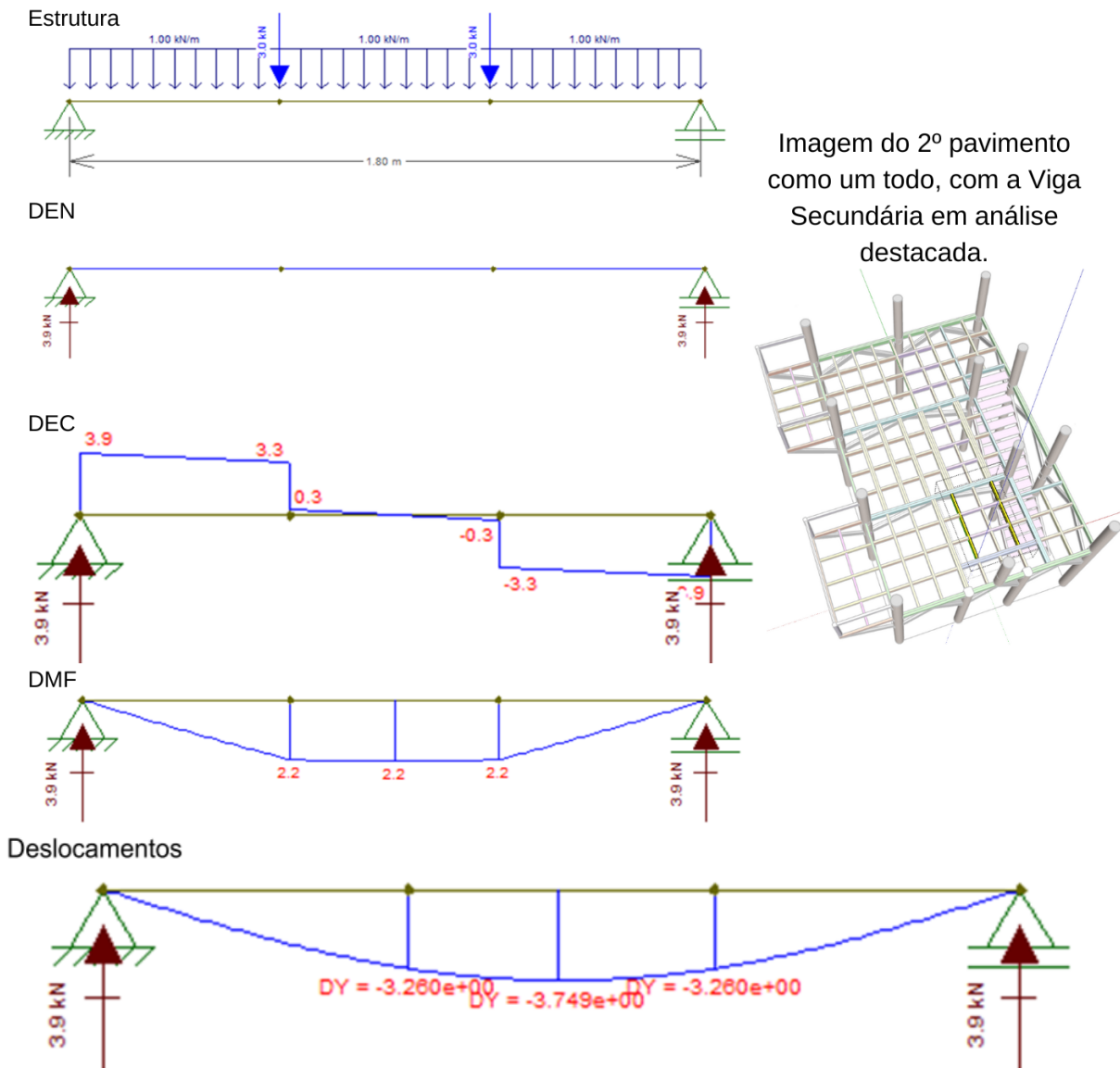


Fonte: Autoria Própria



### 11.1.14 Segundo Pavimento – Viga Secundária Curta rente à parede (ELS)

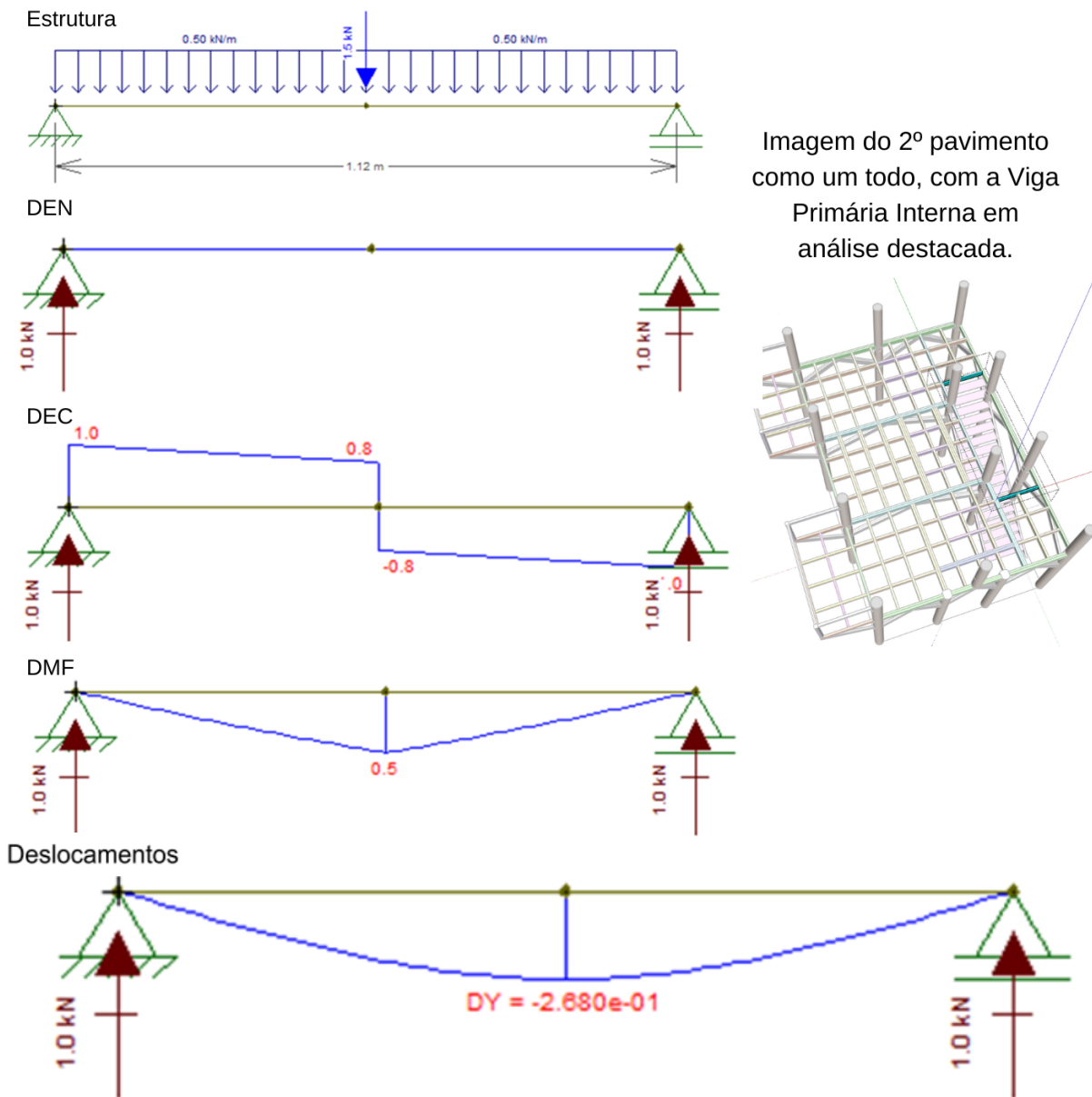
Figura 180 - Esquema e análises estruturais de uma das vigas secundárias



Fonte: Autoria Própria

### 11.1.15 Segundo Pavimento - Vigas Primárias Internas “Escada” (ELS)

Figura 181 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas curtas.



Fonte: Autoria Própria

**11.1.16 Segundo Pavimento – Vigas Primárias Internas “Aprox. 2,5m” (ELS)**

Figura 182 – Esquema e análises estruturais das vigas primárias internas na direção norte-sul

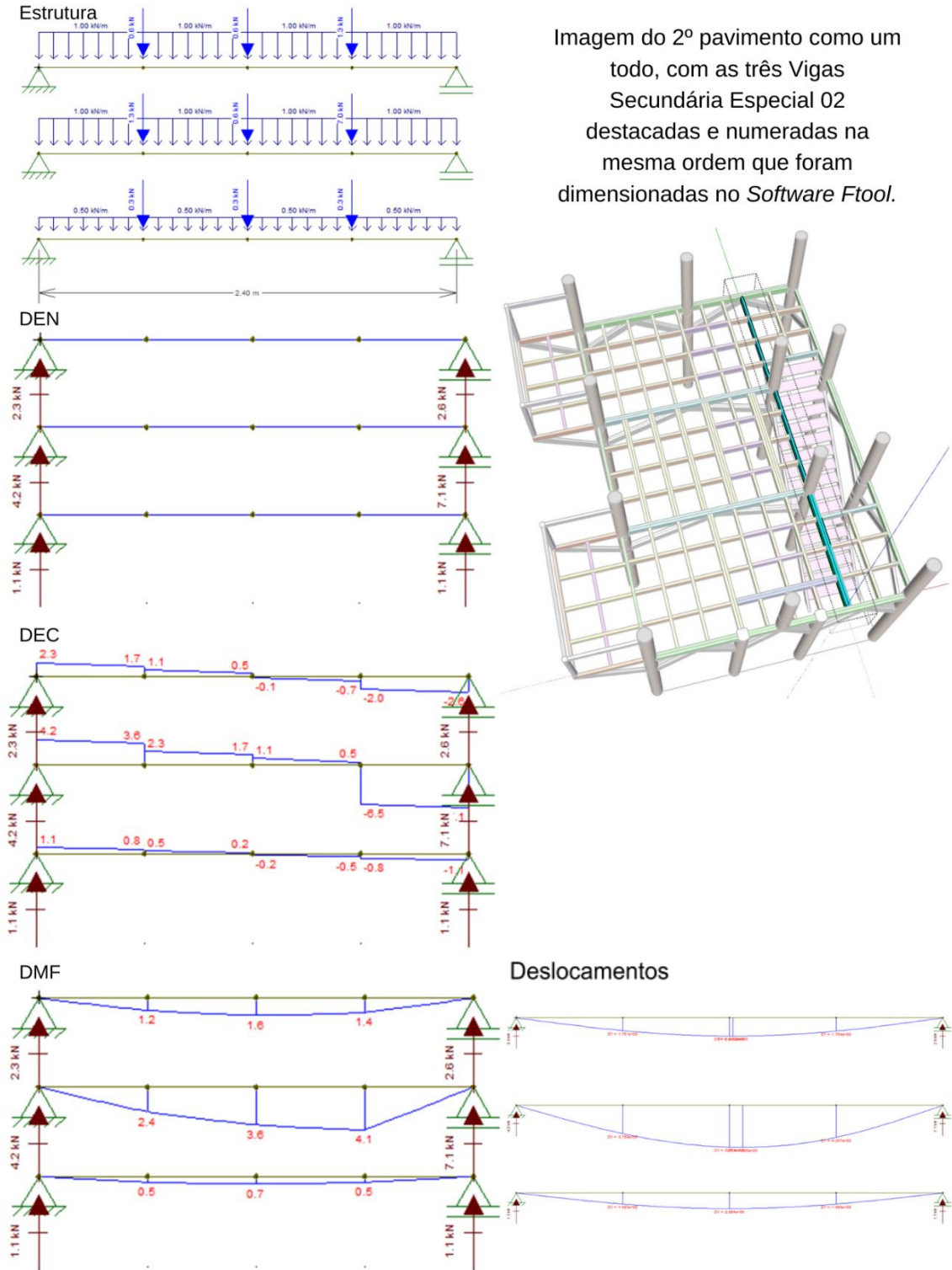
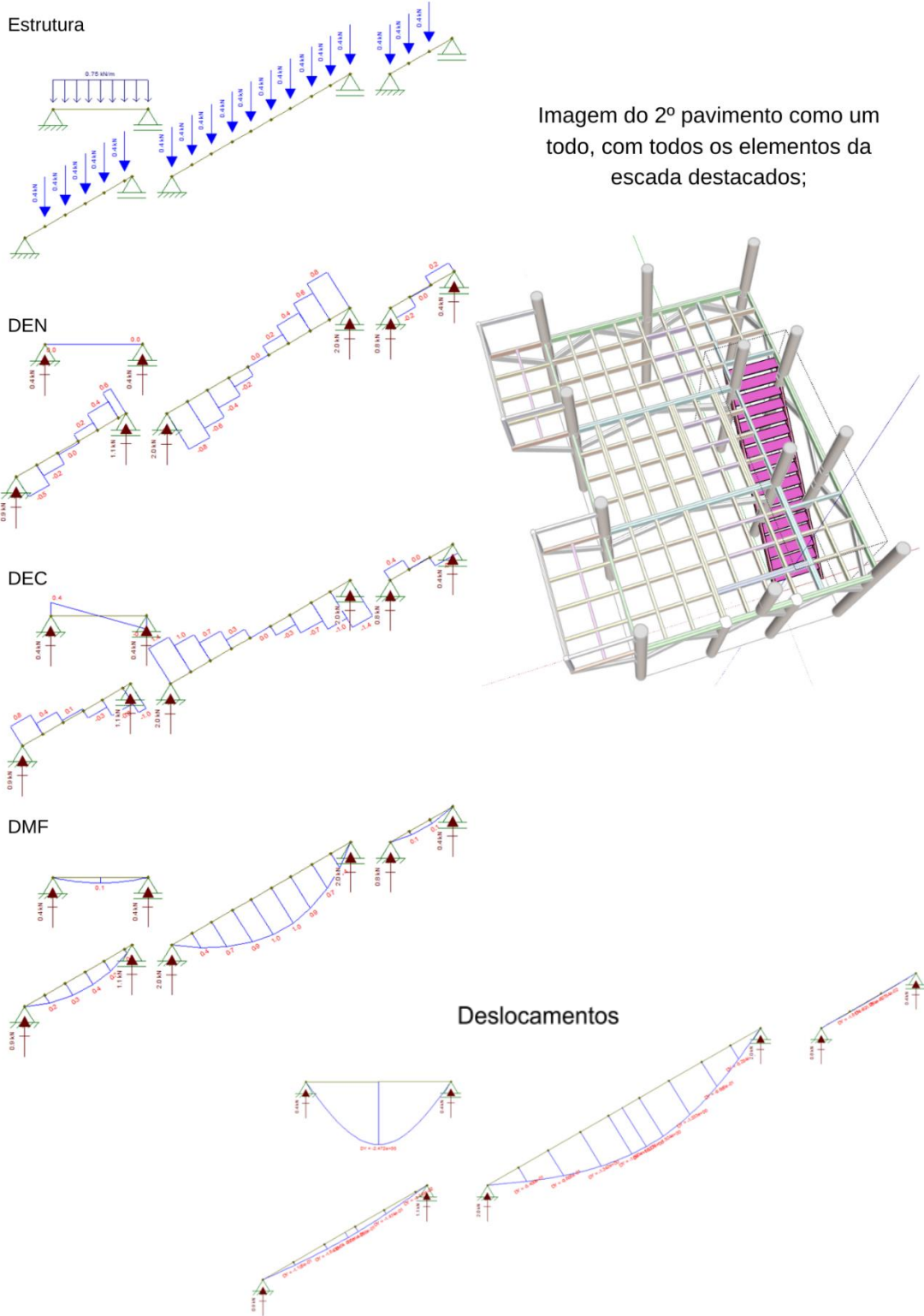


Imagem do 2º pavimento como um todo, com as três Vigas Secundária Especial 02 destacadas e numeradas na mesma ordem que foram dimensionadas no Software Ftool.

Fonte: Autoria Própria

**11.1.17 Escada analisada isoladamente**

Figura 183 – Esquema e análises estruturais da escada, analisada de maneira isolada



Fonte: Autoria Própria

A carga foi calculada de maneira simples. A área do degrau de 1,00 m por 0,30 m possui 0,30 m<sup>2</sup>. Mantendo a mesma proporção que exige a norma para escadas, de possuir uma carga distribuída de 2,5 kN em 1 m<sup>2</sup>, a área do degrau recebe então 0,75 kN/m<sup>2</sup>. Pelas proporções, essa mesma carga pode ser aplicada no degrau de maneira linear 0,75 kN/m.

11.1.18 Segundo Pavimento – Varandas

Figura 184 – Esquema e análises estruturais das vigas da varanda

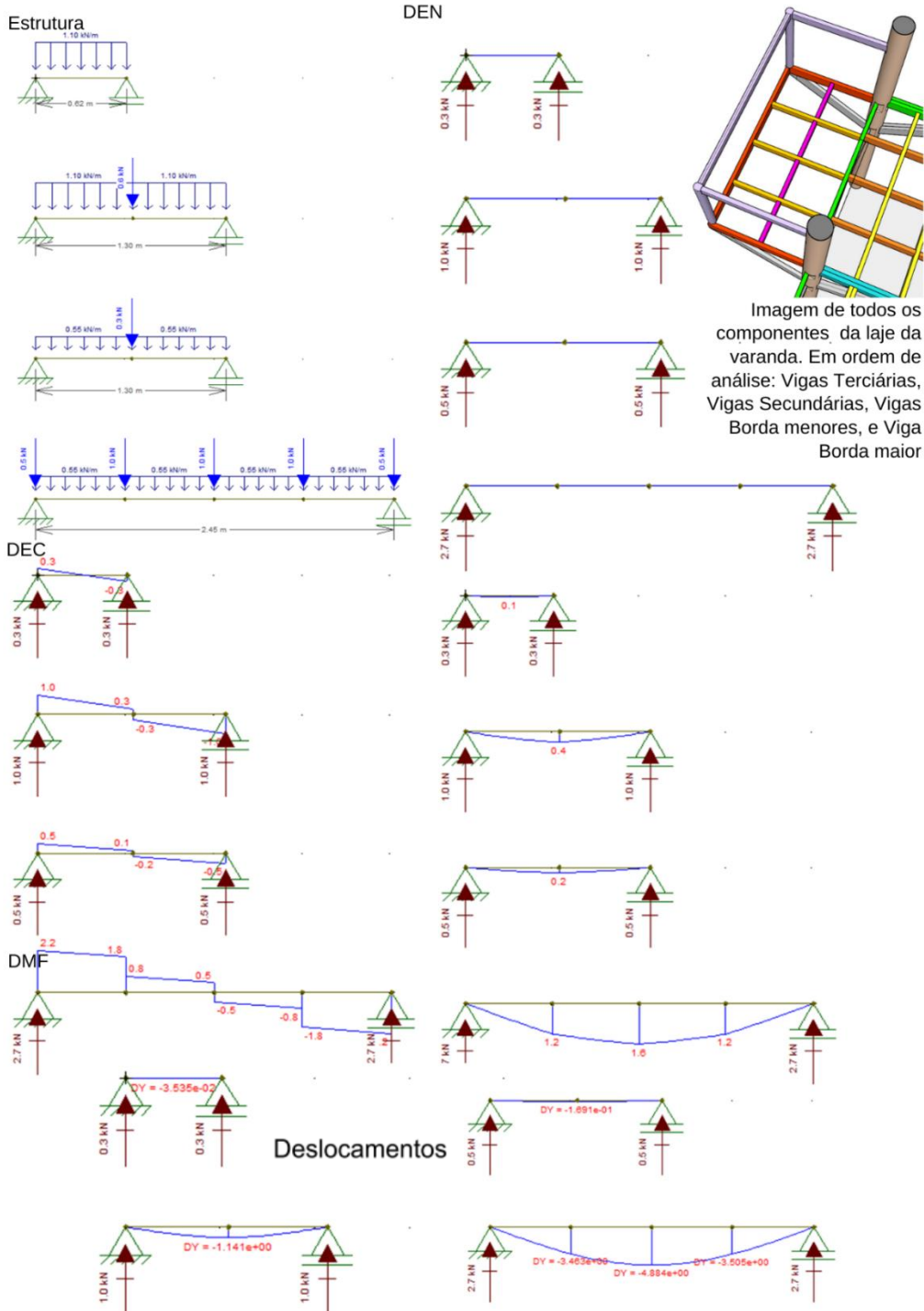


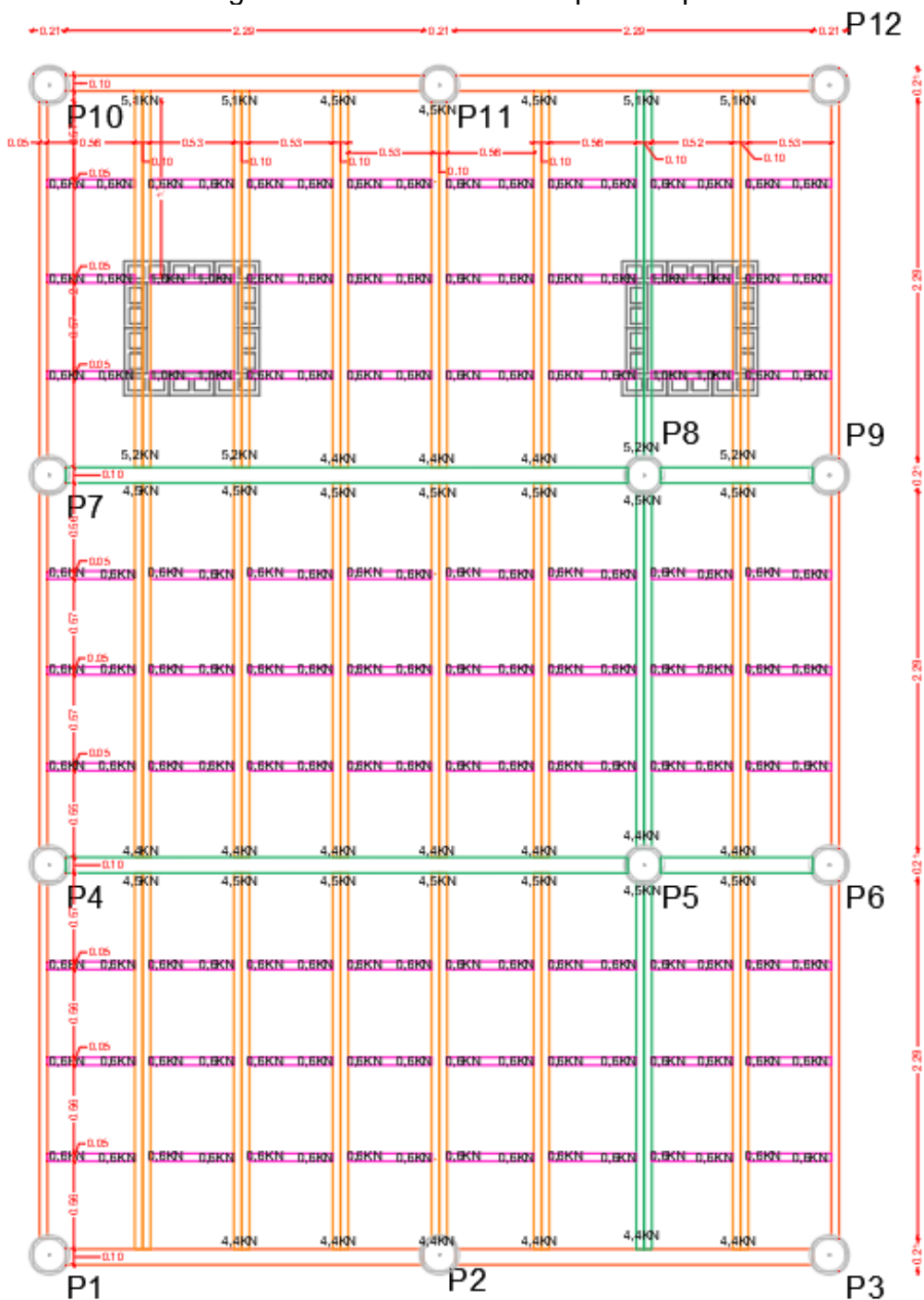
Imagem de todos os componentes da laje da varanda. Em ordem de análise: Vigas Terciárias, Vigas Secundárias, Vigas Borda menores, e Viga Borda maior

Fonte: Autoria Própria

11.1.19 Processo de Análise das vigas isoladas

Essa etapa, como mencionada é demorada e exige muita atenção. Uma tática para facilitar o processo, foi a de, pelo *software AutoCad 2023*, na planta estrutural, ir inserindo as reações de apoio, que equivalem à transferência de carga da peça que apoia na seguinte. Segue uma foto para auxiliar na compreensão.

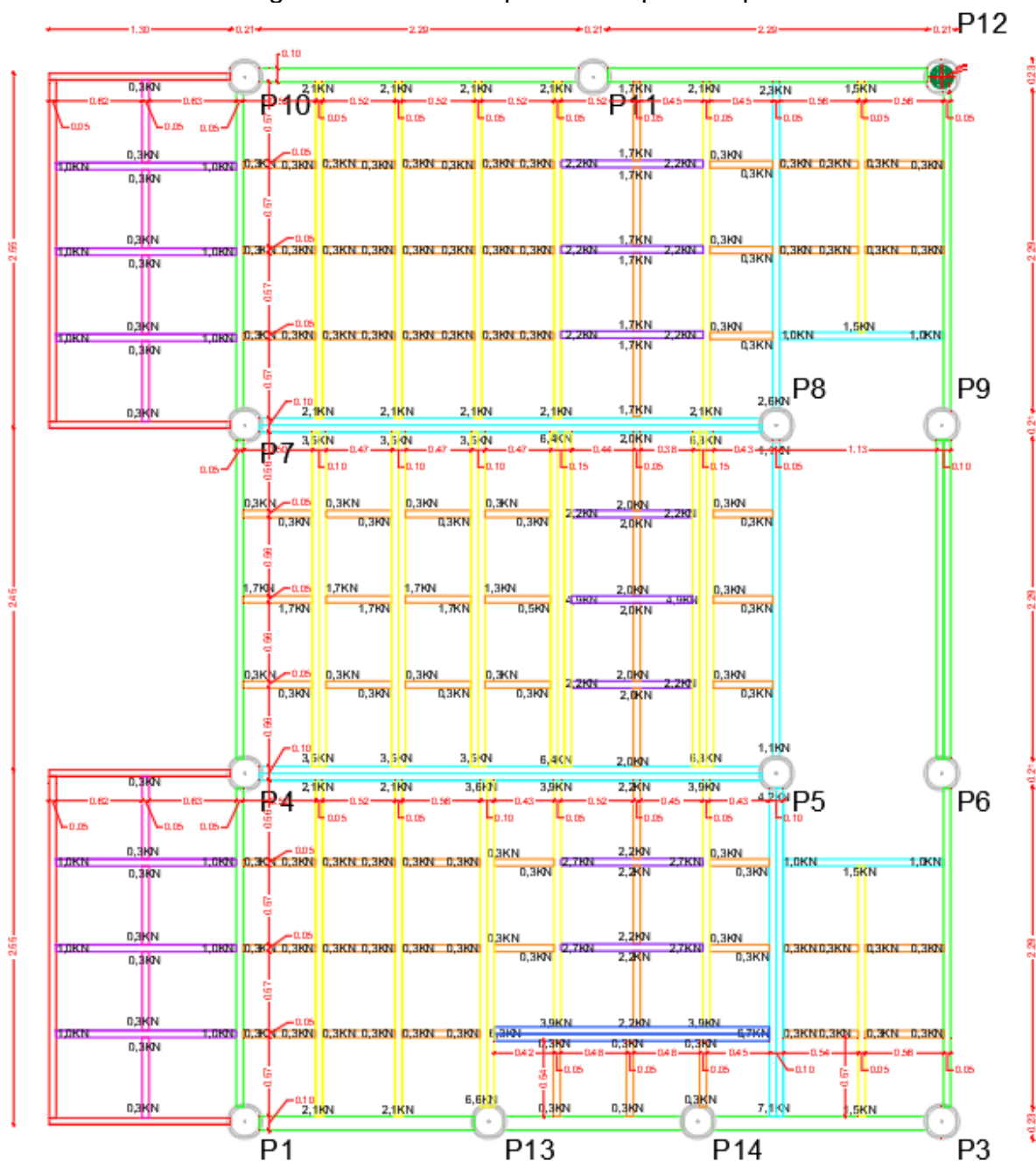
Figura 185 – Sistema criado para facilitar transferência de dados das vigas isoladas da cobertura para os pórticos



Fonte: Autoria Própria



Figura 186 – Sistema criado para facilitar transferência de dados das vigas isoladas do 2º pavimento para os pórticos



Fonte: Autoria Própria

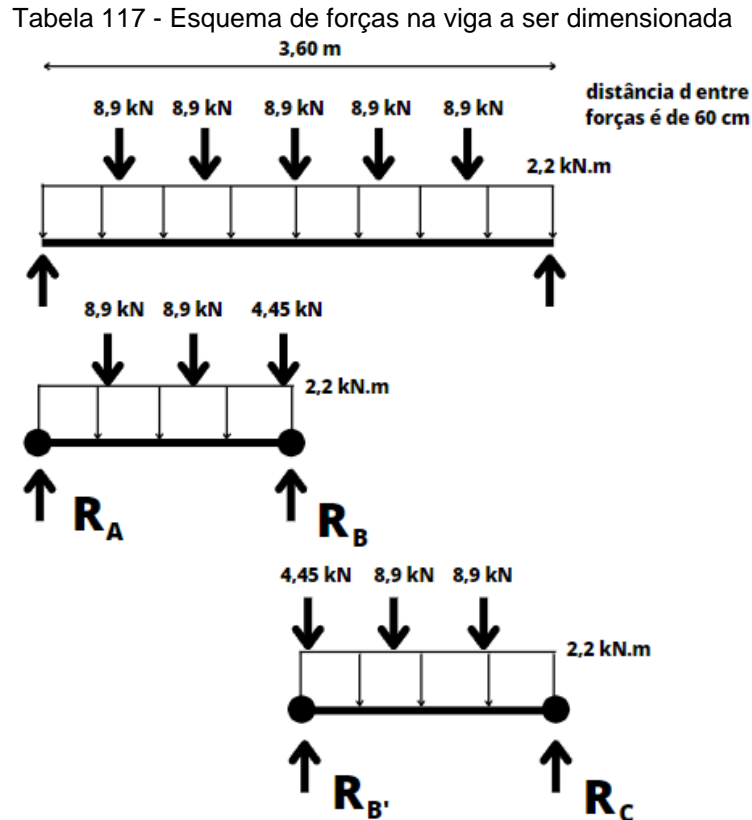
Isso faz com que o autor não precise ficar conferindo nos Diagramas, que por ter uma quantidade elevada, seria fácil o mesmo se confundir.

Nota que nas imagens anteriores, não foram consideradas as bordas. As mesmas foram consideradas na análise que retrata melhor a realidade, que é o estudo do pórtico inteiro, como segue adiante

## 11.2 DIMENSIONAMENTO DAS VIGAS VAGONADAS

### 11.2.1 Viga vagonada P4 P5 da cobertura

Seguem os cálculos da viga do pórtico P4 P5 da cobertura:



$$\sum F_y = 0 \rightarrow (8,9 * 2) + 4,45 + (2,2 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 26,2 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -[(8,9 * 0,6) + (8,9 * 1,2) + (4,45 * 1,79) + (2,2 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 = 0 \rightarrow R_B = 15,3 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (4,45 * 0,01) + (8,9 * 0,6) + (8,9 * 1,2) + (2,2 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0 \rightarrow R_A = 10,9 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

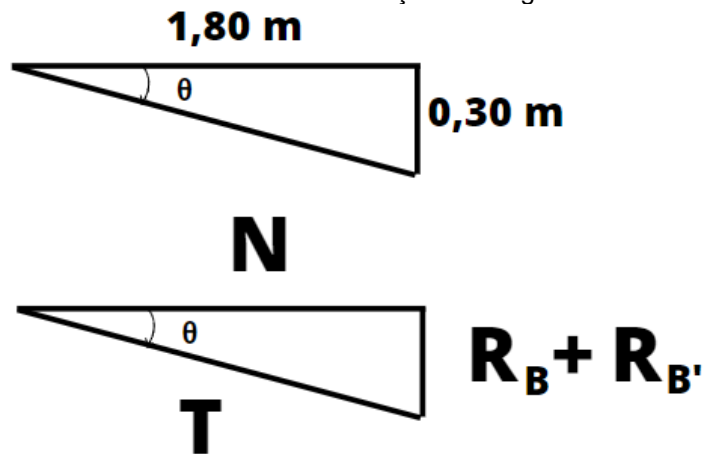
$$R_A + R_B = 15,3 + 10,9 = 26,2 \text{ (kN)}$$

Por simetria, as reações  $R_{B'}$  e  $R_C$  possuem os mesmos valores, ou seja:

$$R_B = R_{B'} = 15,3 \text{ kN e } R_A = R_C = 10,9 \text{ kN}$$

A força vertical total será o somatório de  $R_B$  com  $R_{B'}$ , e por semelhança de triângulos, deve-se achar a compressão que atua na viga. Sempre considerando um montante de 30cm, e considerando que as vigas analisadas serão sempre irmãs, ou seja, possuem comprimentos iguais, apesar de estarem em pórticos diferentes, pode se achar o ângulo formado entre viga e cabo de aço e suas relações geométricas seno e tangente.

Tabela 118 - Semelhança de triângulos



$$- R_B + R_{B'} = 30,6 \text{ kN}$$

$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

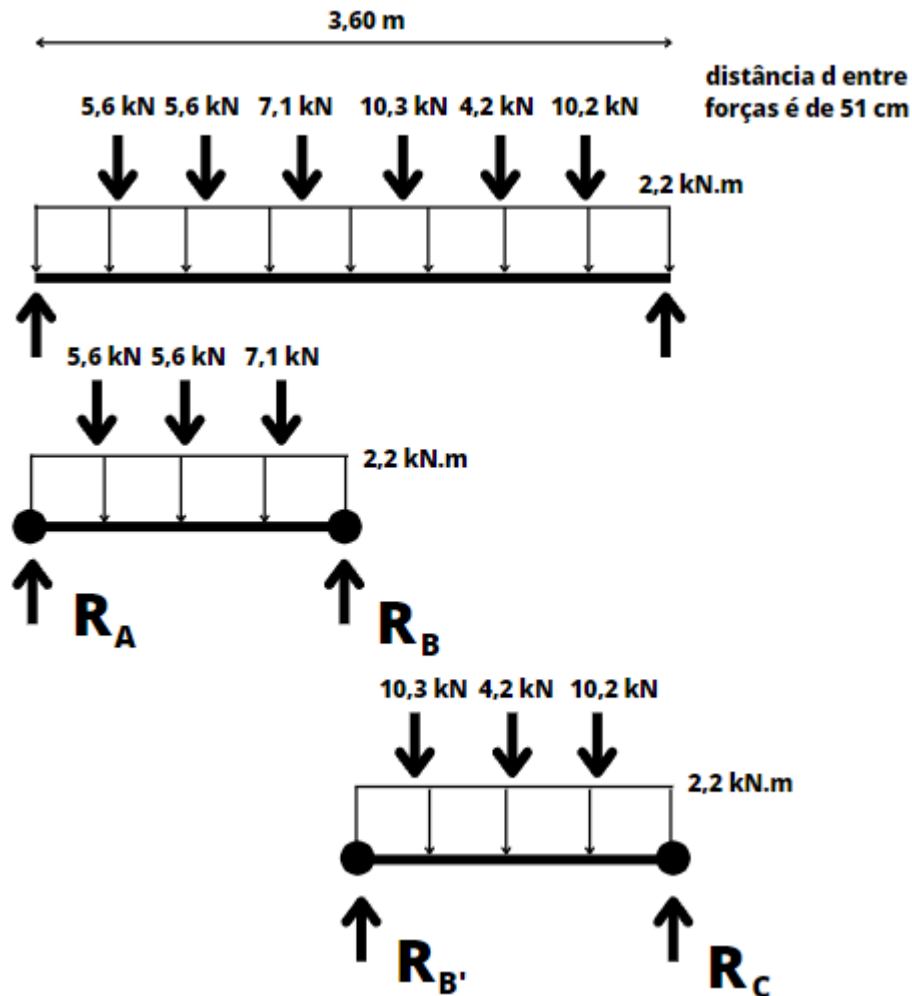
$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{30,6}{T} \rightarrow T = 186,17 \text{ kN}$$

$$- \text{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{30,6}{N} \rightarrow N = 180,45 \text{ kN}$$

### 11.2.2 Viga vagonada P4 P5 do segundo pavimento

Seguem os cálculos da viga do pórtico P4 P5 do segundo pavimento:

Figura 187 – Esquema de forças da viga a ser dimensionada



$$\sum F_y = 0 \rightarrow (5,6 * 2) + 7,1 + (1,0 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 20,10 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -[(5,6 * 0,5) + (5,6 * 1,0) + (7,1 * 1,50) + (1,0 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 = 0$$

$$\rightarrow R_B = 11,483 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (7,1 * 0,30) + (5,6 * 0,8) + (5,6 * 1,3) + (1,0 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0$$

$$\rightarrow R_A = 8,616 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_A + R_B = 8,616 + 11,483 = 20,10 \text{ (kN)}$$

Para a outra metade:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (10,3) + (4,2) + (10,2) + (1,0 * 1,8) = R_{B'} + R_C \rightarrow R_{B'} + R_C = 26,5 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B'} = 0 \rightarrow -[(10,3 * 0,3) + (4,2 * 0,8) + (10,2 * 1,30) + (10,2 * 1,3) + (1,8 * 0,9)] \\ + R_C * 1,8 = 0 \rightarrow R_C = 11,8 \text{ kN}$$

$$\sum M_C = 0 \rightarrow (10,2 * 0,50) + (4,2 * 1,0) + (10,3 * 1,5) + (1,8 * 0,9) - R_{B'} * 1,8 = 0 \\ \rightarrow R_{B'} = 14,7 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_{B'} + R_C = 14,7 + 11,8 = 26,5 \text{ (kN)}$$

$$- R_B + R_{B'} = 26,216 \text{ kN}$$

$$- \theta = \text{arctg} \left( \frac{0,3}{1,8} \right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

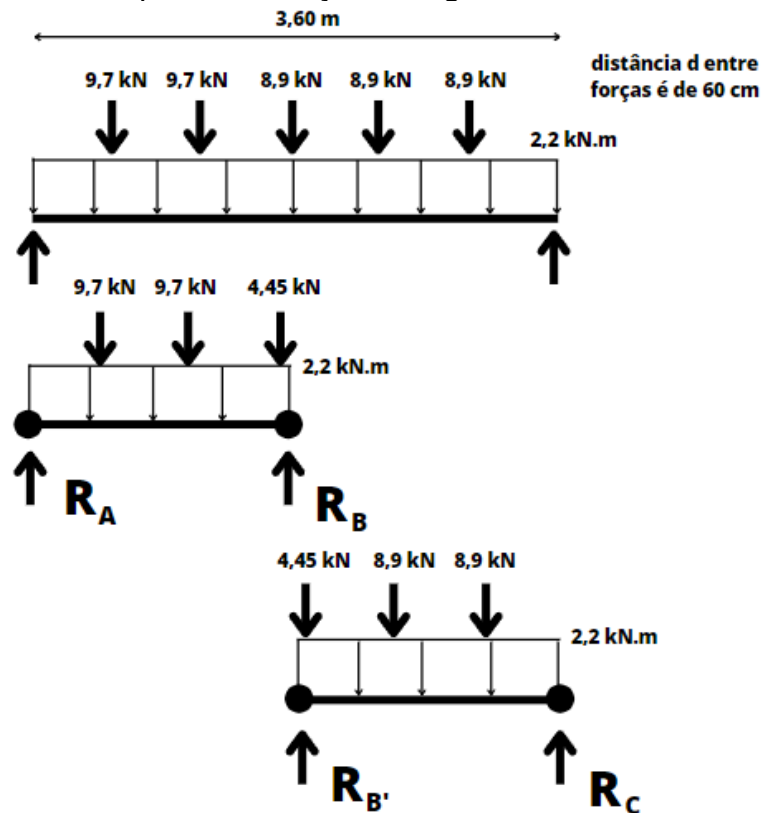
$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{26,216}{T} \rightarrow T = 161,94 \text{ kN}$$

$$- \text{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{26,216}{N} \rightarrow N = 157,7 \text{ kN}$$

### 11.2.3 Viga vagonada P7 P8 da cobertura

Seguem os cálculos da viga P7 P8 da cobertura:

Figura 188 - Esquema de forças da viga ser dimensionada



$$\sum F_y = 0 \rightarrow (9,7 * 2) + 4,45 + (2,2 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 27,81 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -[(9,7 * 0,6) + (9,7 * 1,2) + (4,45 * 1,79) + (2,2 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 = 0 \rightarrow R_B = 16,105 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (4,45 * 0,01) + (9,7 * 0,6) + (9,7 * 1,2) + (2,2 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0 \rightarrow R_A = 11,705 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_A + R_B = 11,705 + 16,105 = 27,81 \text{ (kN)}$$

Para a outra metade:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow -[(8,9 * 2) + 4,45 + (2,2 * 1,8)] = R_{B'} + R_C \rightarrow R_{B'} + R_C = 26,21 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B'} = 0 \rightarrow -[(4,45 * 0,01) + (8,9 * 0,6) + (8,9 * 1,2) + (2,2 * 1,8 * 0,9)] + R_C * 1,8 = 0 \rightarrow R_C = 10,905 \text{ kN}$$

$$\sum M_C = 0 \rightarrow (8,9 * 0,6) + (8,9 * 1,2) + (4,45 * 1,79) + (2,2 * 1,8 * 0,9) - R_{B'} * 1,8 = 0$$

$$\rightarrow R_{B'} = 15,305 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_{B'} + R_C = 15,305 + 10,905 = 26,21 \text{ (kN)}$$

A força vertical total será o somatório de  $R_B$  com  $R_{B'}$  e por semelhança de triângulos, deve-se achar a compressão que atua na viga. Sempre considerando um montante de 30cm, e considerando que as vigas analisadas serão sempre irmãs, ou seja, possuem comprimentos iguais, apesar de estarem em pórticos diferentes, pode se achar o ângulo formado entre viga e cabo de aço e suas relações geométricas seno e tangente.

$$- R_B + R_{B'} = 31,41 \text{ kN}$$

$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

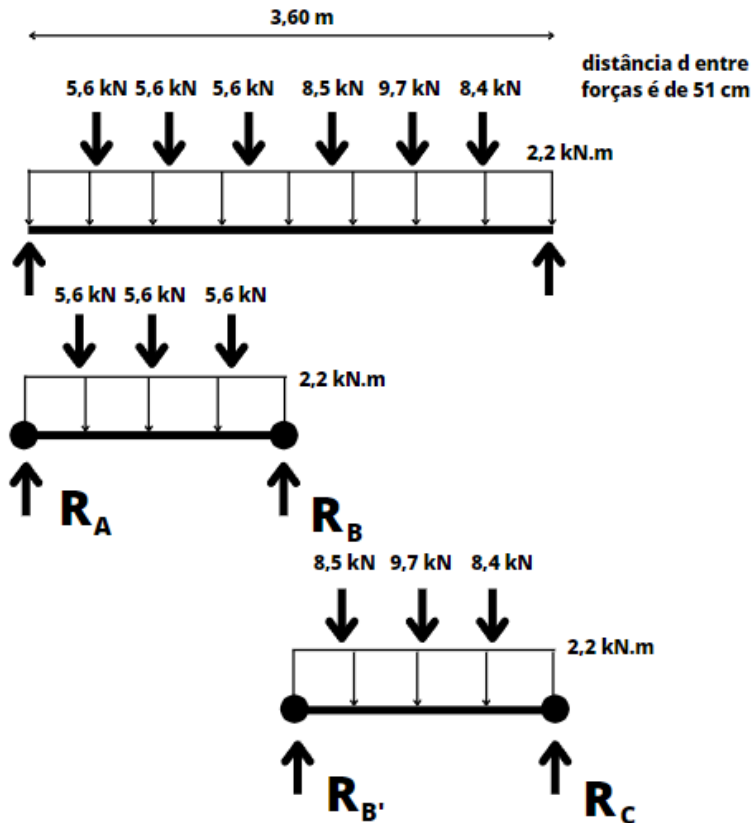
$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{31,41}{T} \rightarrow T = 191,105 \text{ kN}$$

$$- \text{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{31,41}{N} \rightarrow N = 188,93 \text{ kN}$$

#### 11.2.4 Viga vagonada P7 P8 do segundo pavimento

Seguem os cálculos da viga P7 P8 do segundo pavimento:

Figura 189 – Esquema de forças da viga a ser dimensionada



$$\sum F_y = 0 \rightarrow (5,6 * 3) + 7,1 + (1,0 * 1,8) = R_A + R_B \rightarrow R_A + R_B = 18,6 \text{ kN}$$

$$\sum M_A = 0 \rightarrow -[(5,6 * 0,5) + (5,6 * 1,0) + (5,6 * 1,50) + (1,0 * 1,8 * 0,9)] + R_B * 1,8 = 0$$

$$\rightarrow R_B = 10,23 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0 \rightarrow (5,6 * 0,30) + (5,6 * 0,8) + (5,6 * 1,3) + (1,0 * 1,8 * 0,9) - R_A * 1,8 = 0$$

$$\rightarrow R_A = 8,36 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_A + R_B = 8,36 + 10,23 = 18,6 \text{ (kN)}$$

Para a outra metade:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow (8,6) + (3,7) + (8,4) + (1,0 * 1,8) = R_{B'} + R_C \rightarrow R_{B'} + R_C = 22,4 \text{ kN}$$

$$\sum M_{B'} = 0 \rightarrow -[(8,5 * 0,3) + (3,7 * 0,8) + (8,4 * 1,30) + (1,8 * 0,9)] + R_C * 1,8 = 0$$

$$\rightarrow R_C = 10,03 \text{ kN}$$



$$\sum M_C = 0 \rightarrow (8,4 * 0,50) + (3,7 * 1,0) + (8,5 * 1,5) + (1,8 * 0,9) - R_{B'} * 1,8 = 0 \rightarrow R_{B'} = 12,37 \text{ kN}$$

A prova real demonstra que os cálculos estão corretos:

$$R_{B'} + R_C = 12,37 + 10,03 = 22,4 \text{ (kN)}$$

$$- R_B + R_{B'} = 22,6 \text{ kN}$$

$$- \theta = \arctg\left(\frac{0,3}{1,8}\right) \rightarrow \theta = 9,46^\circ$$

$$- \text{sen}(\theta) = 0,16436 = \frac{22,6}{T} \rightarrow T = 137,5 \text{ kN}$$

$$- \text{tg}(\theta) = 0,16625 = \frac{26,216}{N} \rightarrow N = 135,94 \text{ kN}$$

Agora, serão inseridos esses valores no modelo do software Ftool para analisar em conjunto o sistema criado.

## 11.3 ANÁLISES DOS PÓRTICOS DE DIREÇÃO LESTE-OESTE

### 11.3.1 Fachada Norte com Vento Leste – Com Alterações (ELS)

Figura 190 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Leste versão 2.0 01 (ELS)

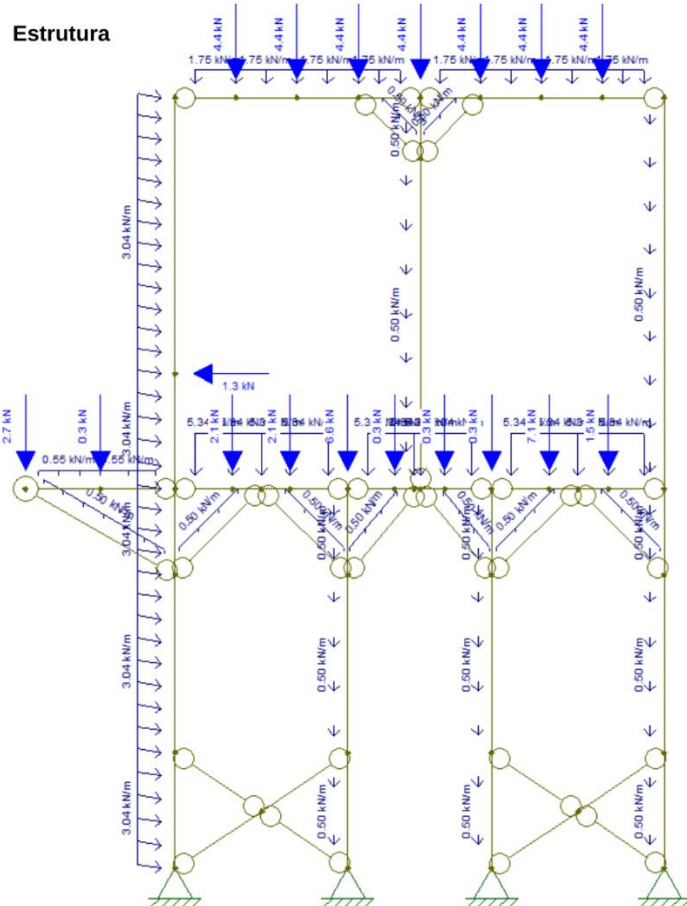
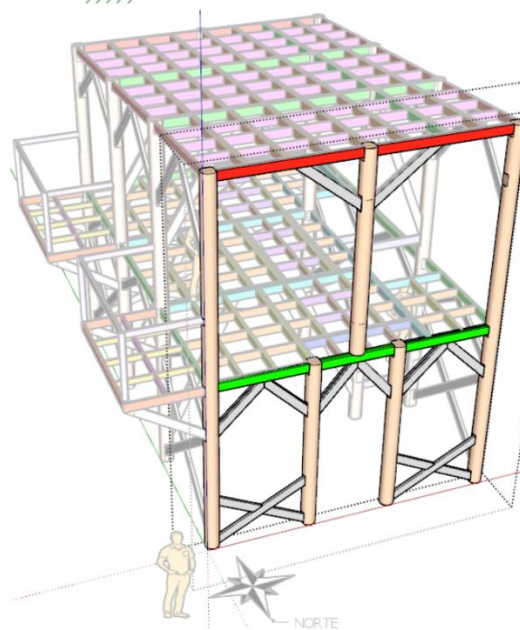
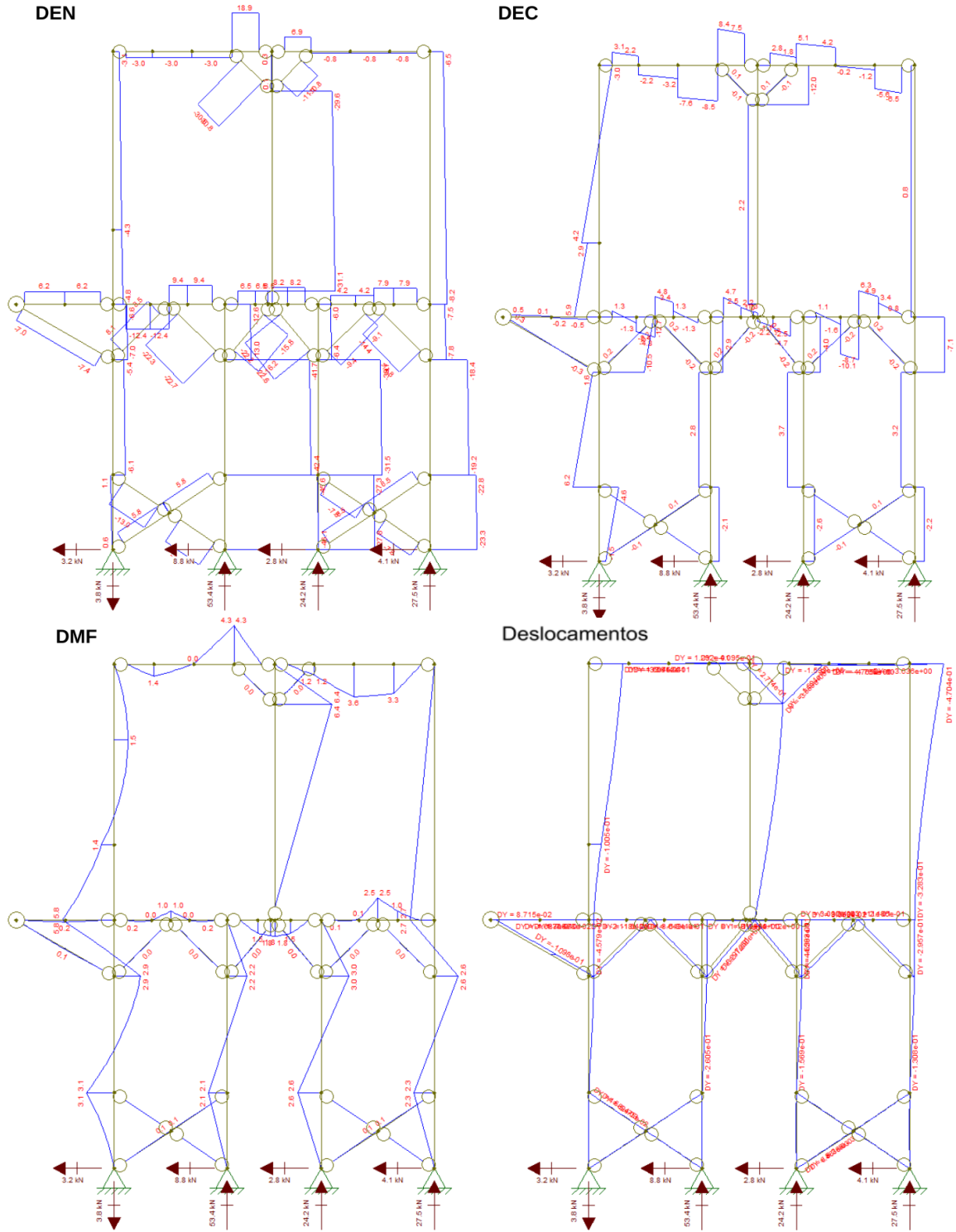


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 191 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.3.2 Fachada Norte com Vento Oeste – Com Alterações (ELS)

Figura 192 – Esquema estrutural do pórtico Norte com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)

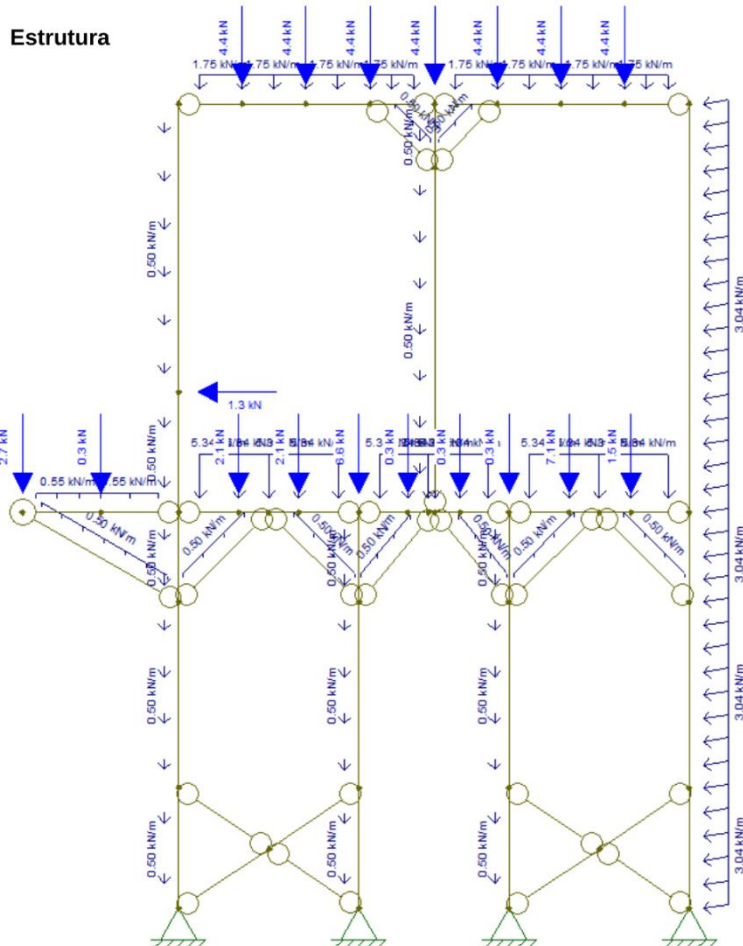
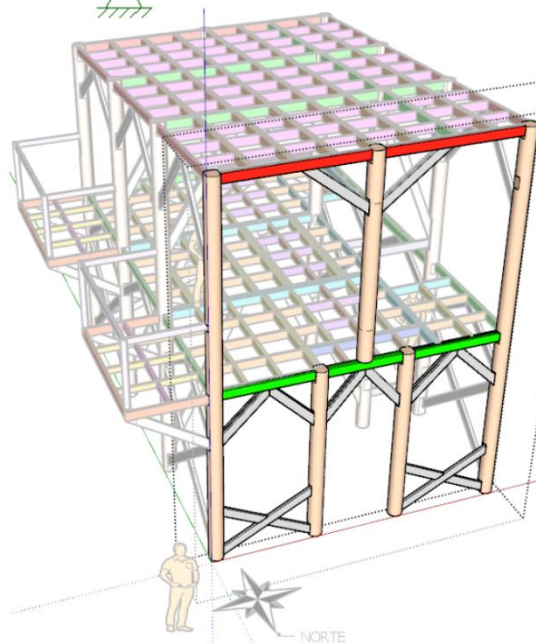
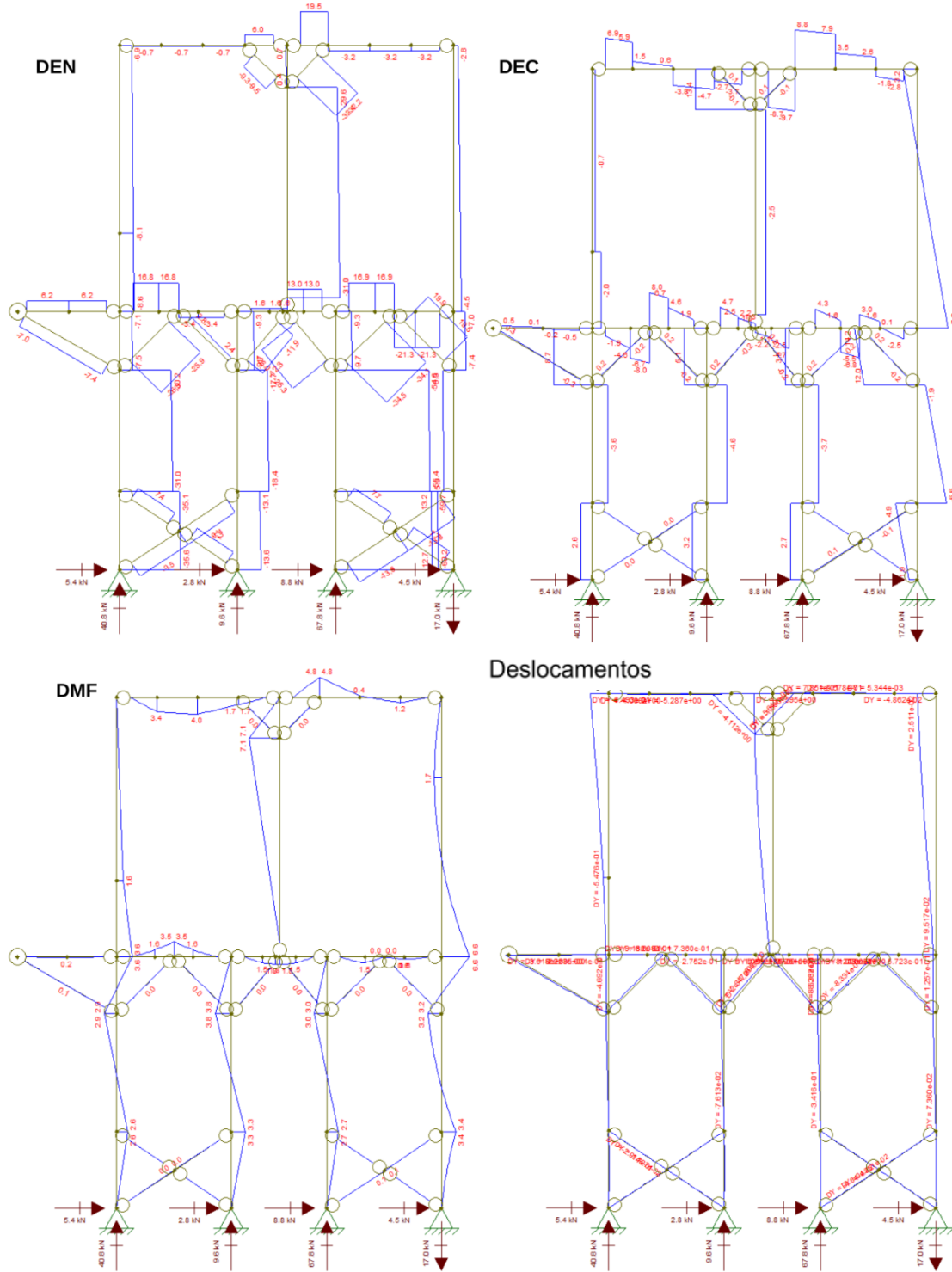


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 193 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Norte com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.3.3 Fachada P4 P5 P6 com Vento Leste – Com Alterações (ELS)

Figura 194 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste versão 2.0 01 (ELS)

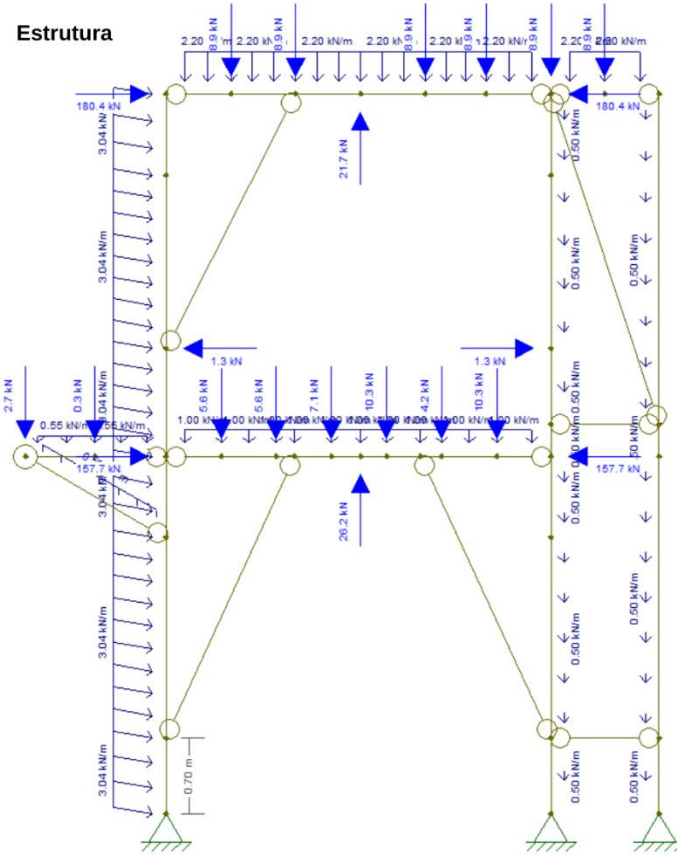
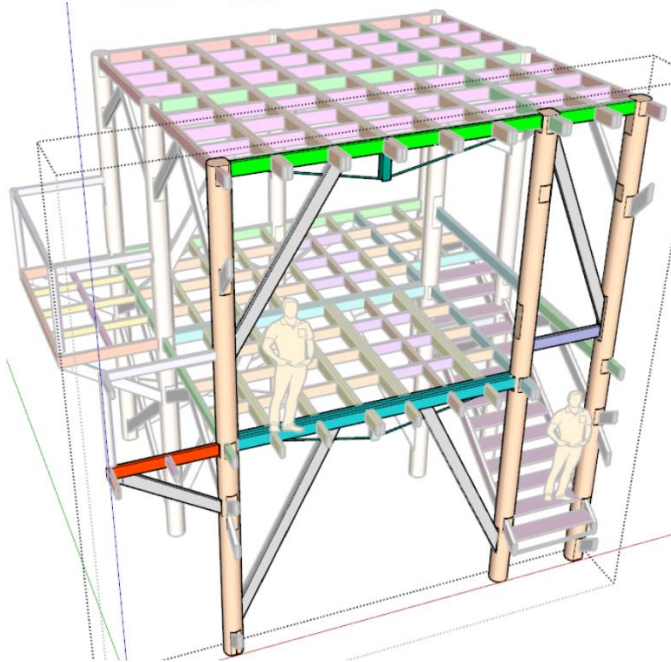
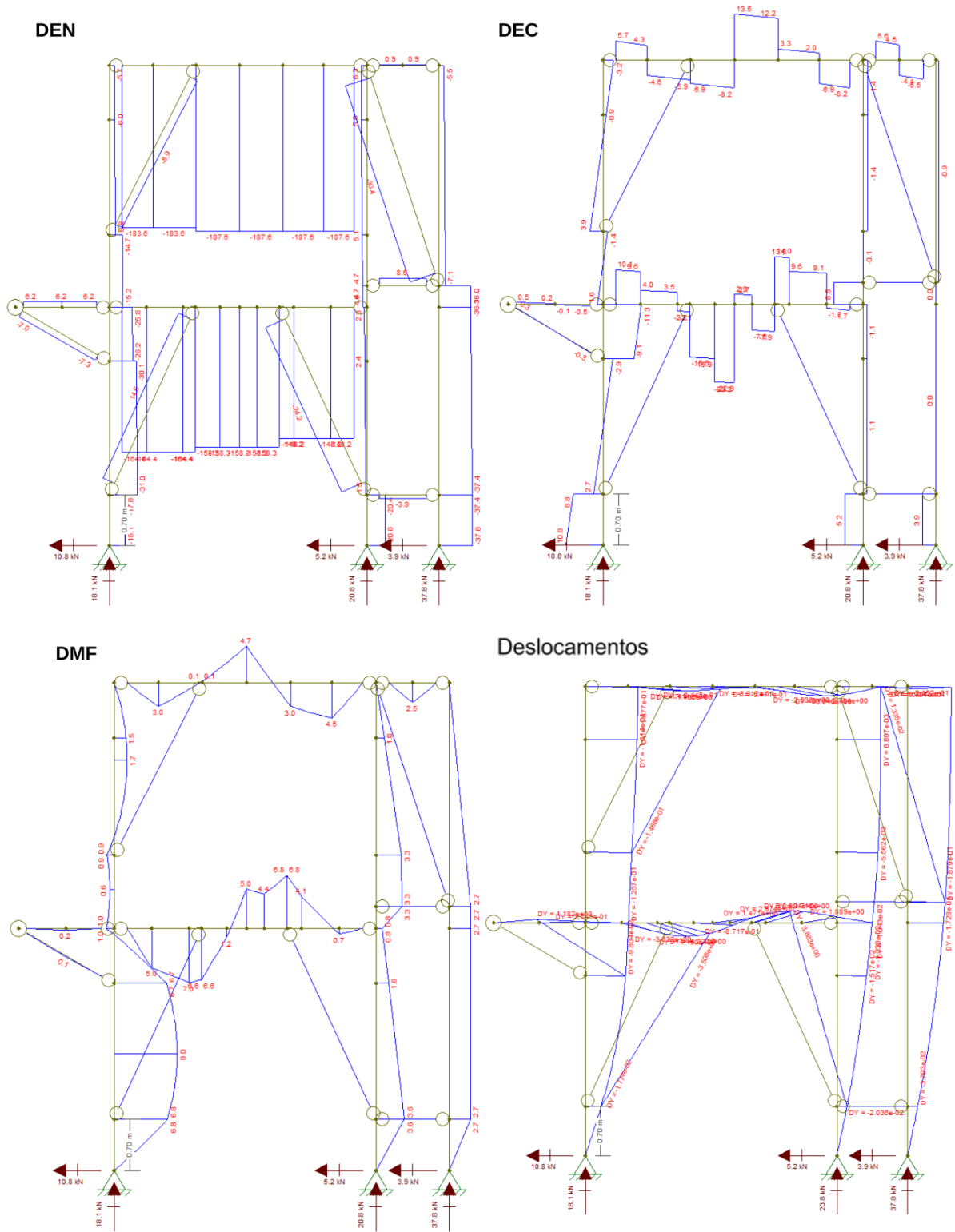


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 195 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.3.4 Fachada P4 P5 P6 com Vento Oeste – Com Alterações (ELS)

Figura 196 – Esquema estrutural do pórtico P4 P5 P6 com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)

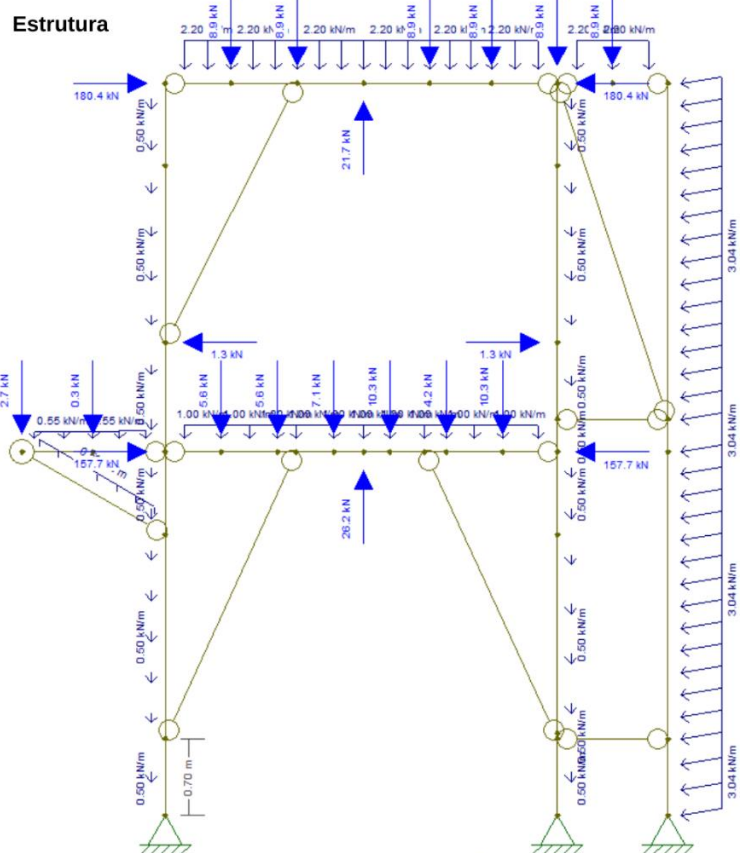
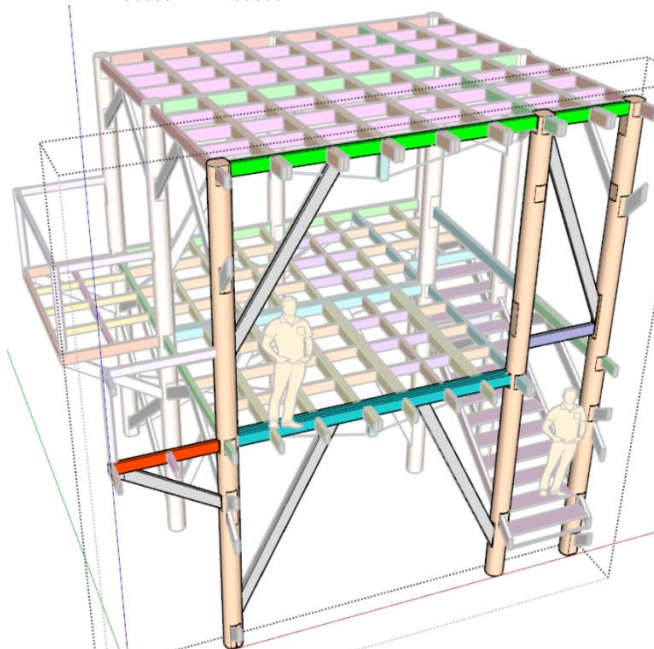


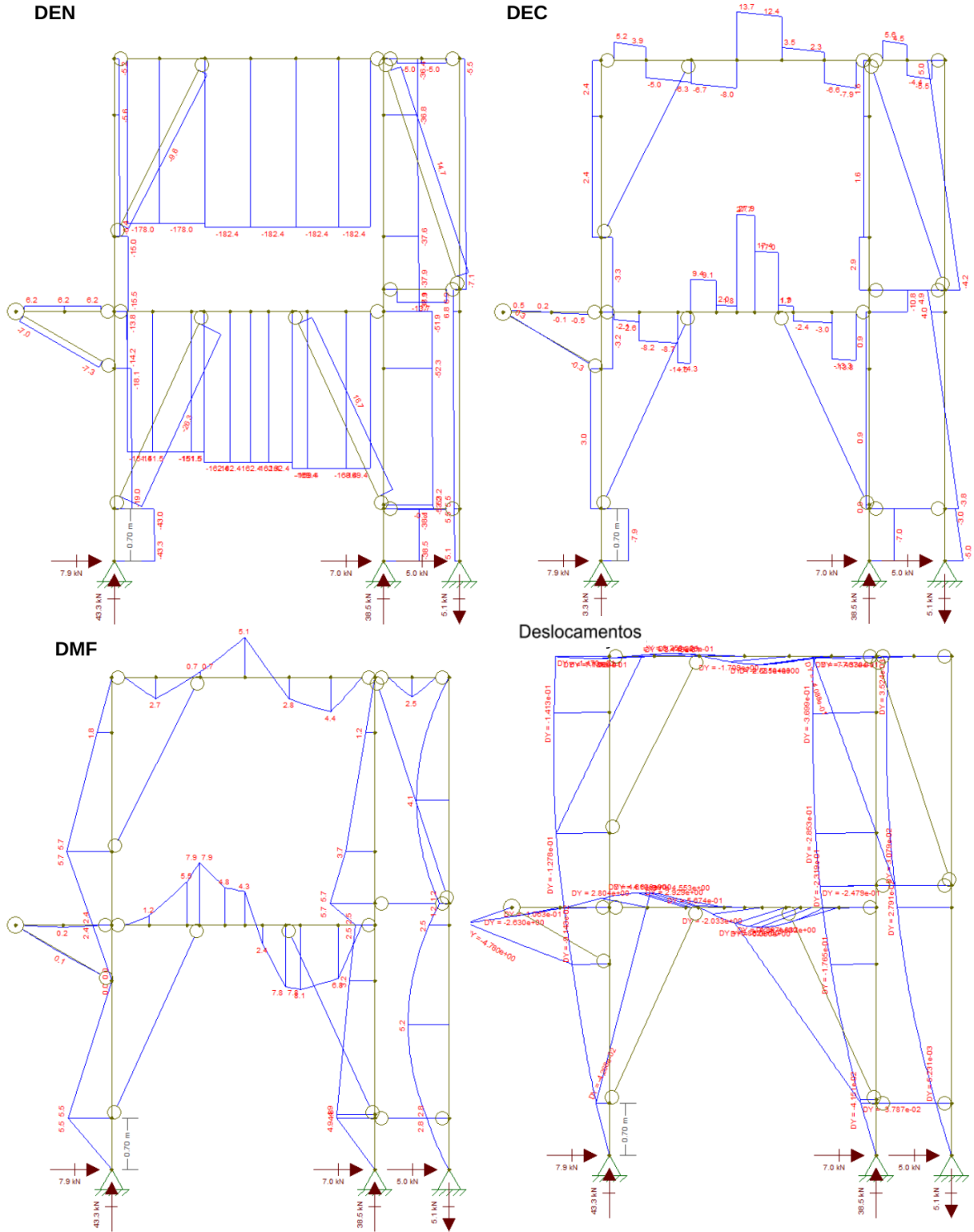
Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria



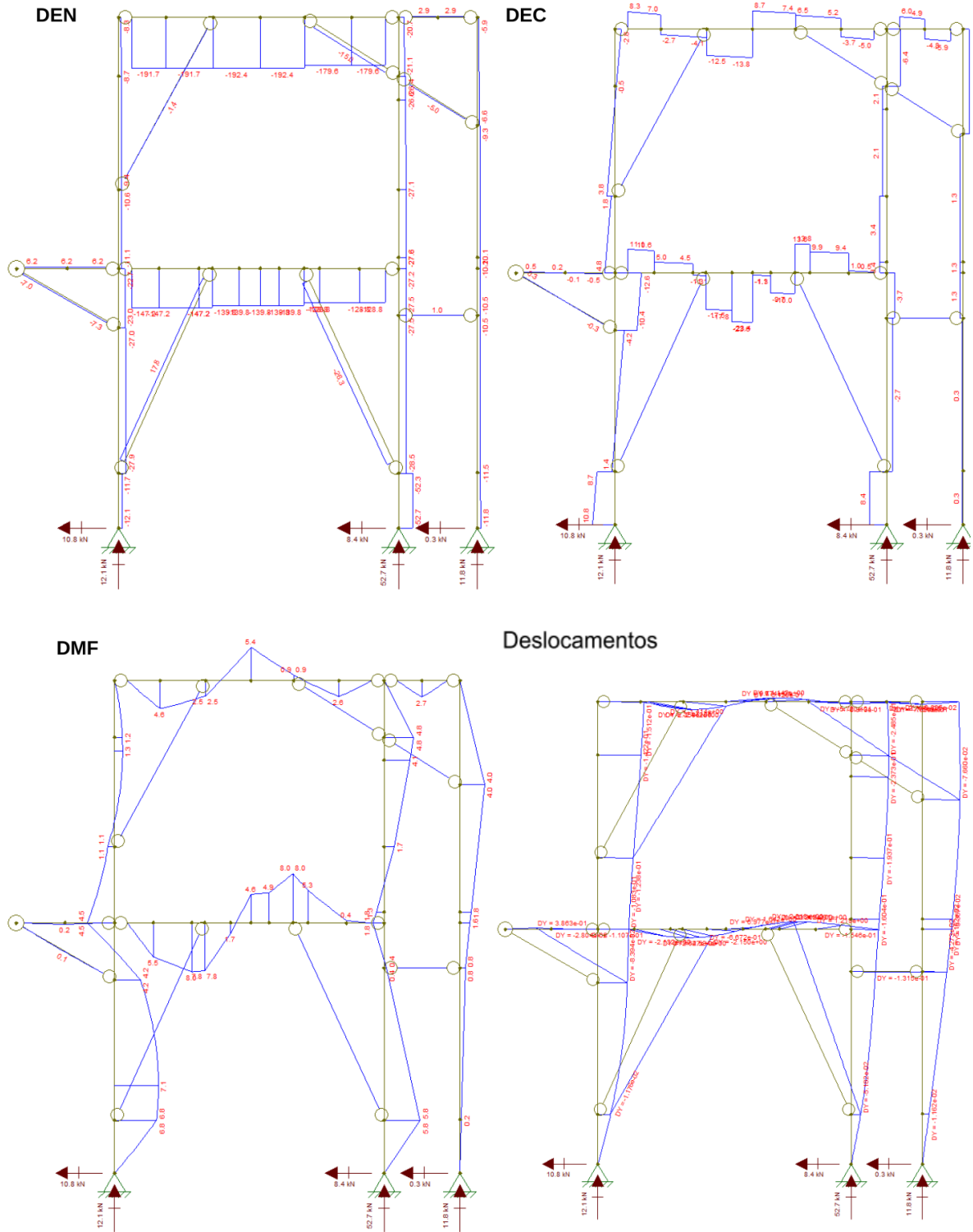
Figura 197 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P4 P5 P6 com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria



Figura 199 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.3.6 Fachada P7 P8 P9 com Vento Oeste – Com Alterações (ELS)

Figura 200 – Esquema estrutural do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)

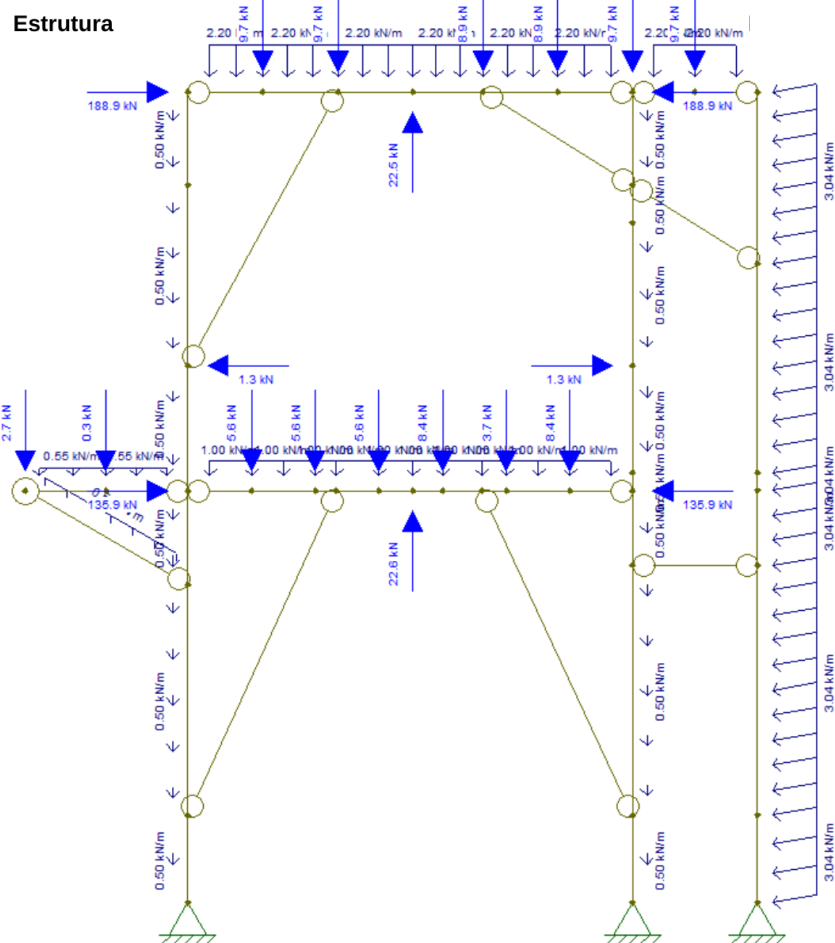
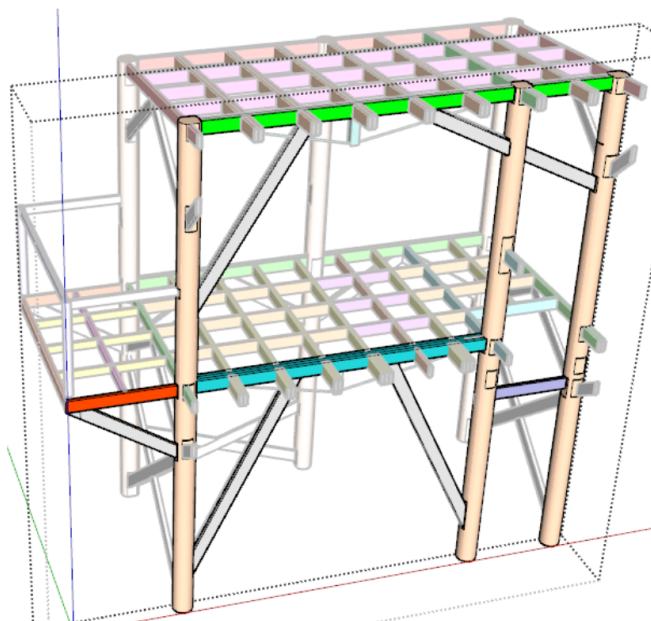
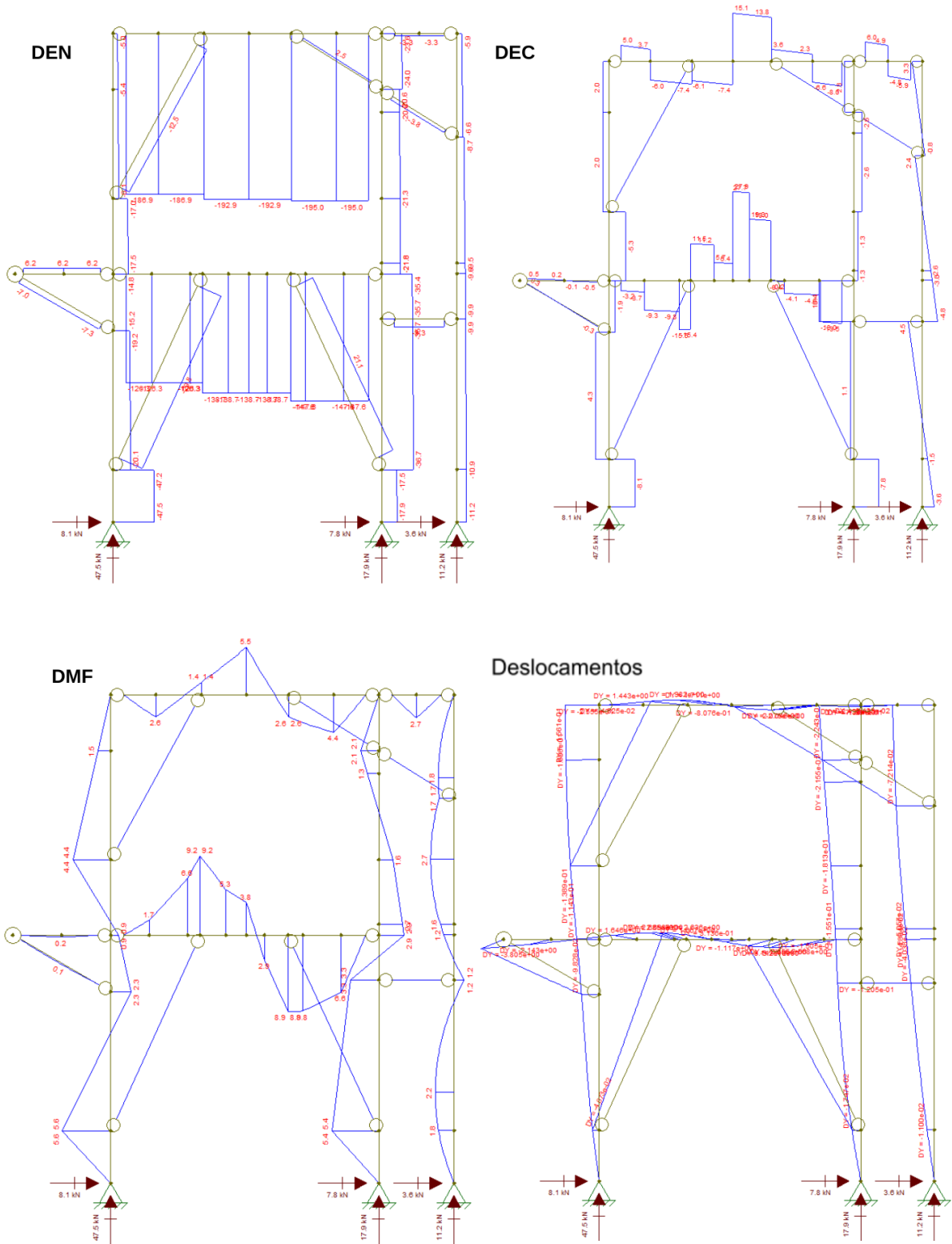


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 201 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico P7 P8 P9 com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.3.7 Fachada Sul com Vento Leste – Com Alterações (ELS)

Figura 202 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Leste versão 2.0 01 (ELS)

Estrutura

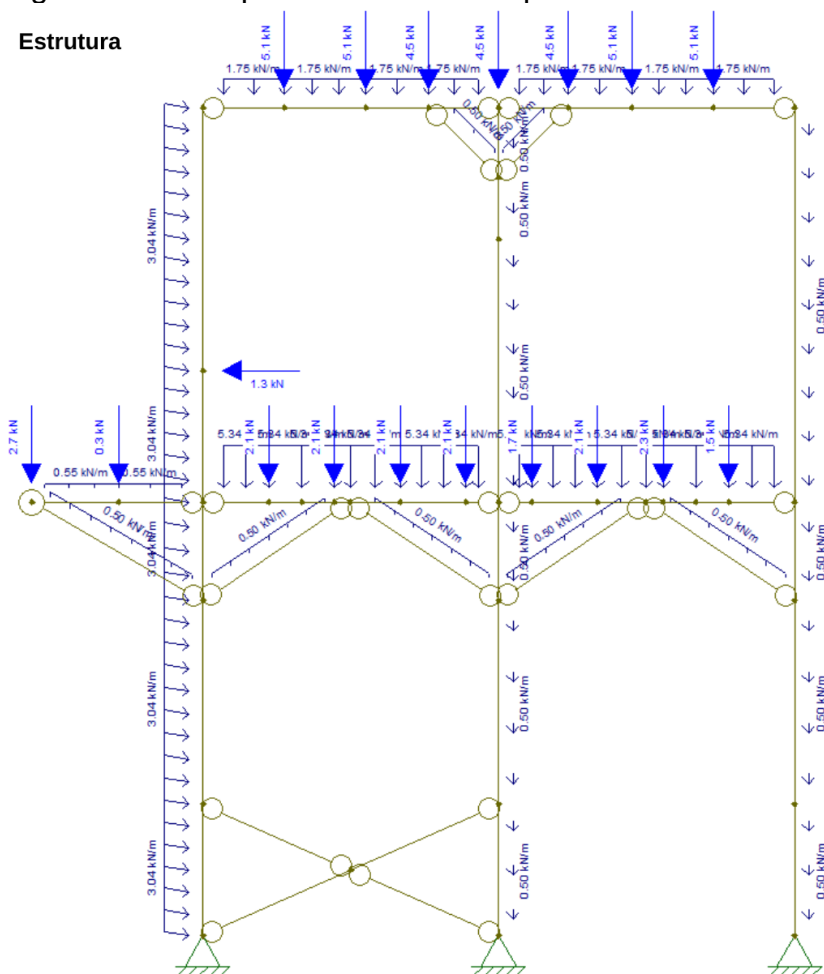
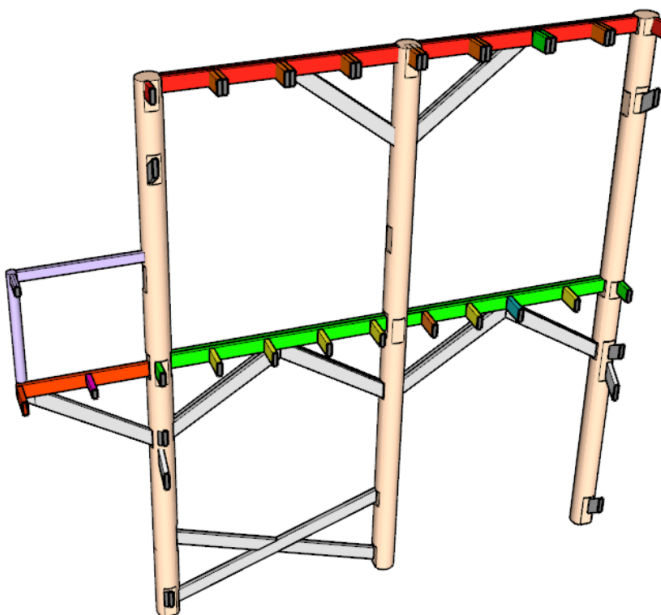
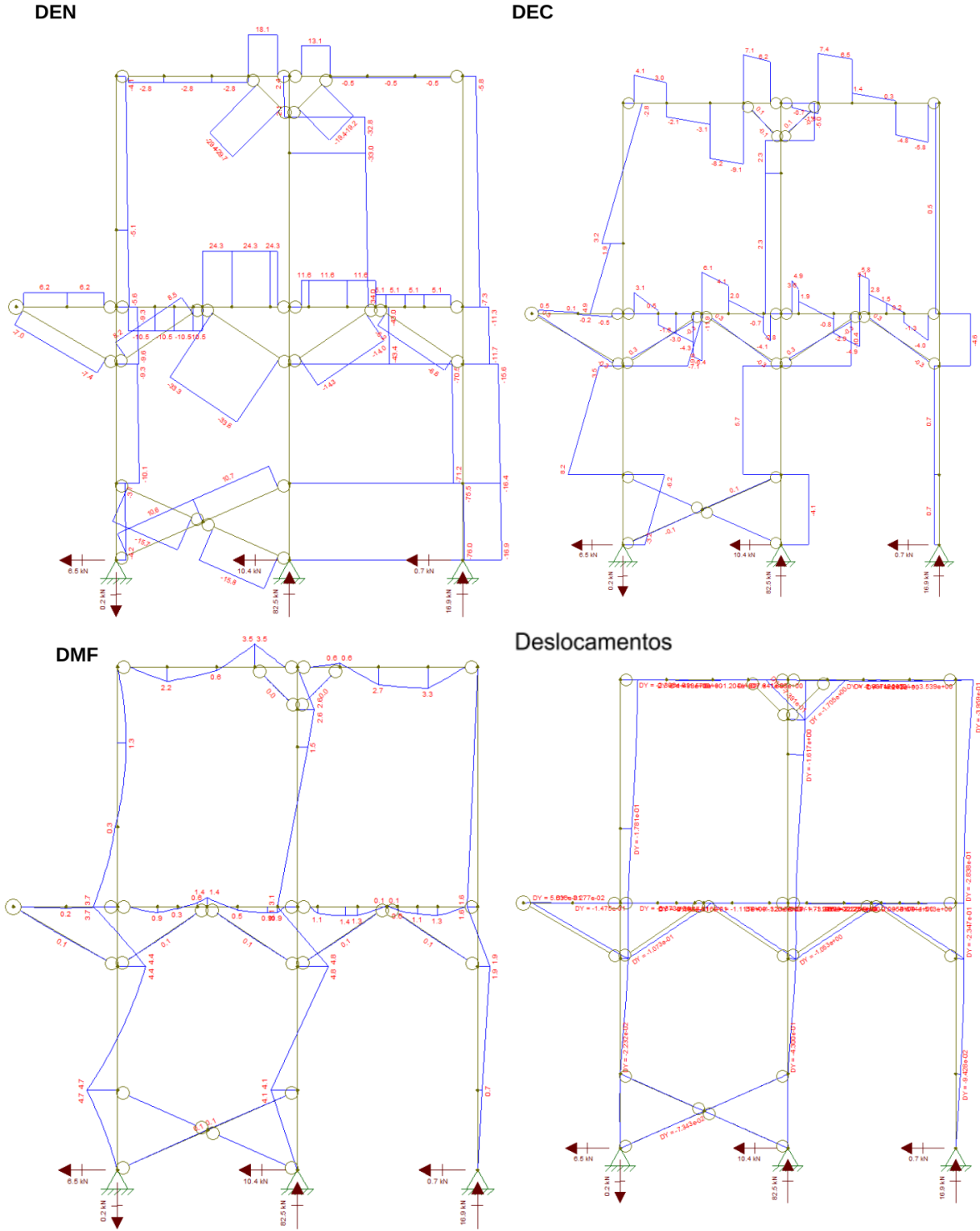


Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria

Figura 203 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Leste versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.3.8 Fachada Sul com Vento Oeste – Com Alterações (ELS)

Figura 204 – Esquema estrutural do pórtico Sul com vento Oeste versão 2.0 01 (ELS)

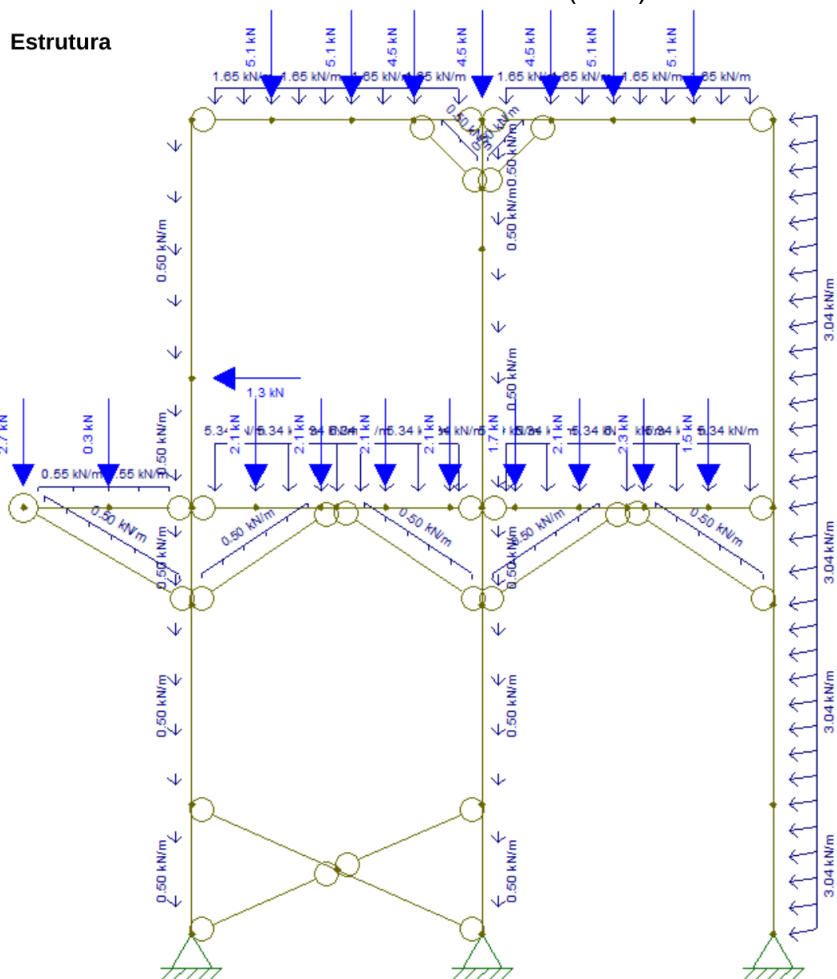
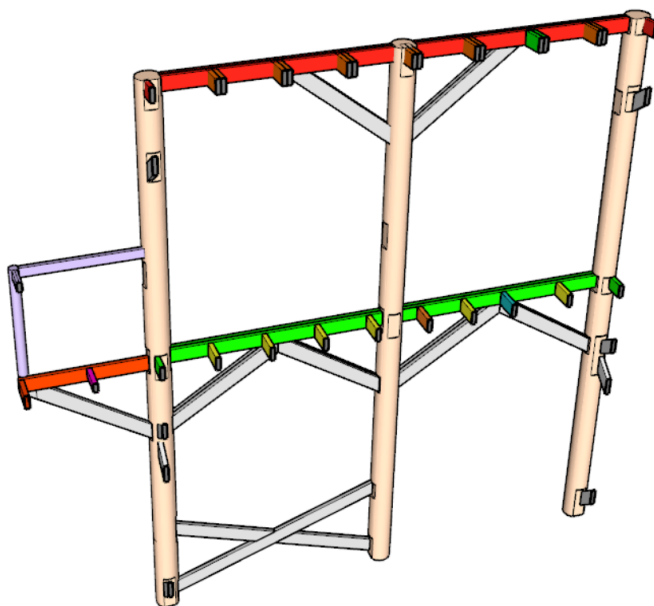


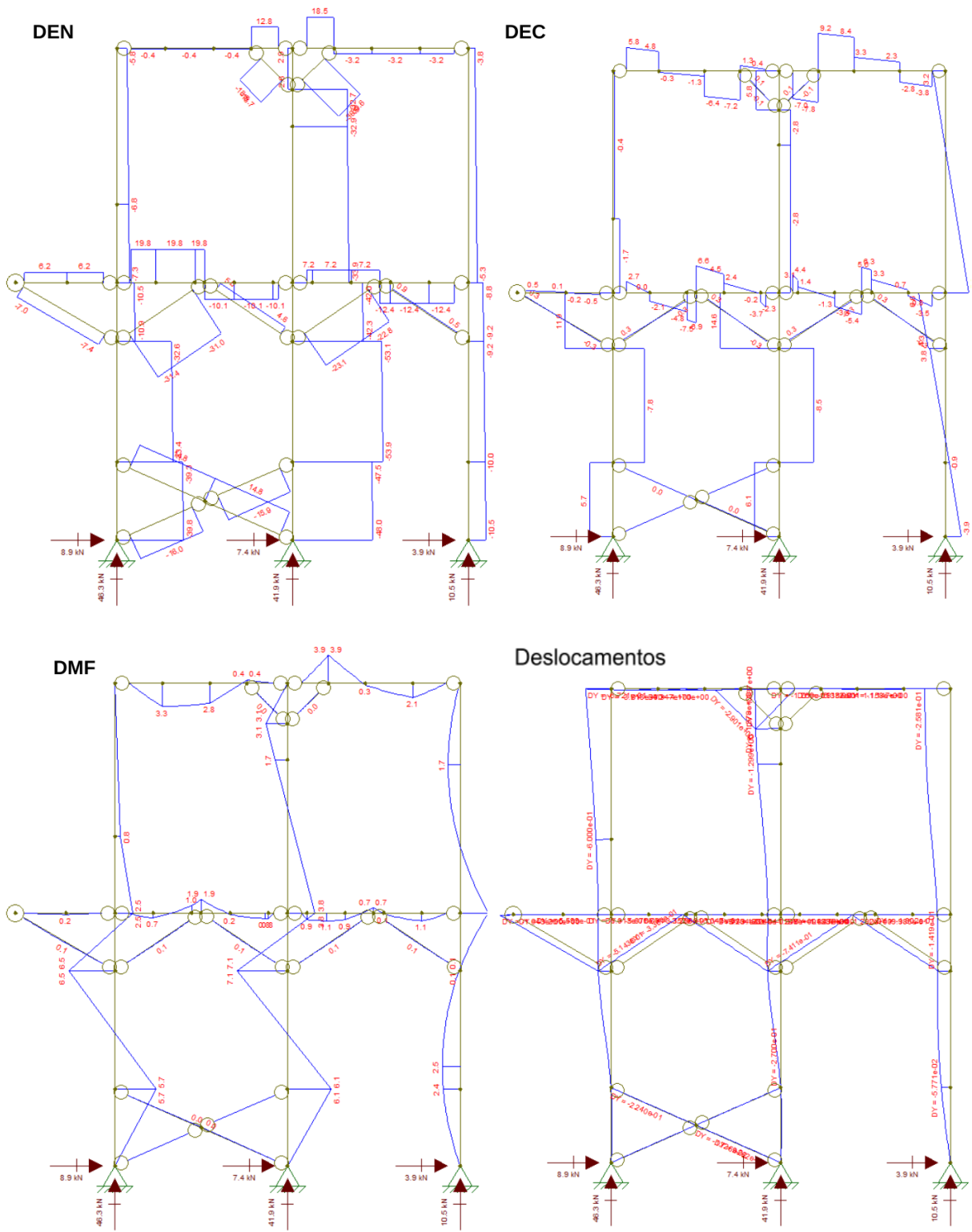
Imagem da edificação inteira, com um corte no plano vertical que contém a direção Leste Oeste, a fim de destacar a fachada analisada.



Fonte: Autoria Própria



Figura 205 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Sul com vento Oeste versão 2.0 02 (ELS)



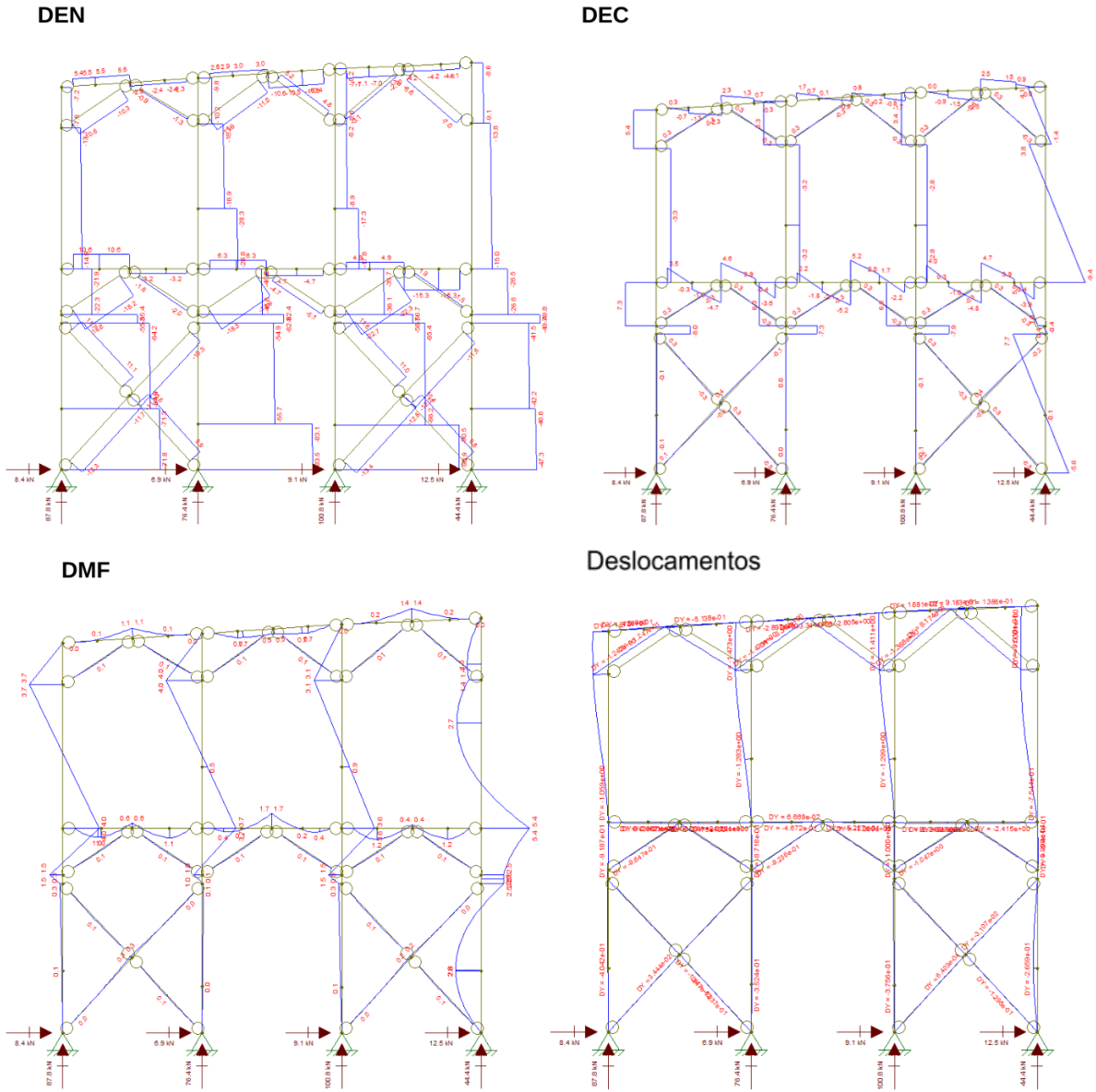
Fonte: Autoria Própria

#### 11.4 ANÁLISES DOS PÓRTICOS DE DIREÇÃO NORTE-SUL

Para as análises na direção norte-sul, a mesma conferência foi feita mencionada nas etapas anteriores. Ou seja, na planta estrutural, são inseridos os valores da normal presente em cada ponto do pilar onde existe conexão com vigas horizontais ou inclinadas (mãos francesas). Assim, o autor conseguiu manter sanidade no processo repassar as informações para os pórticos seguintes.



Figura 207 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento Norte versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.4.2 Fachada Leste Vento Sul – Com Alterações (ELS)

Figura 208 – Esquema estrutural do pórtico Leste com vento Sul versão 2.0 01 (ELS)

Estrutura

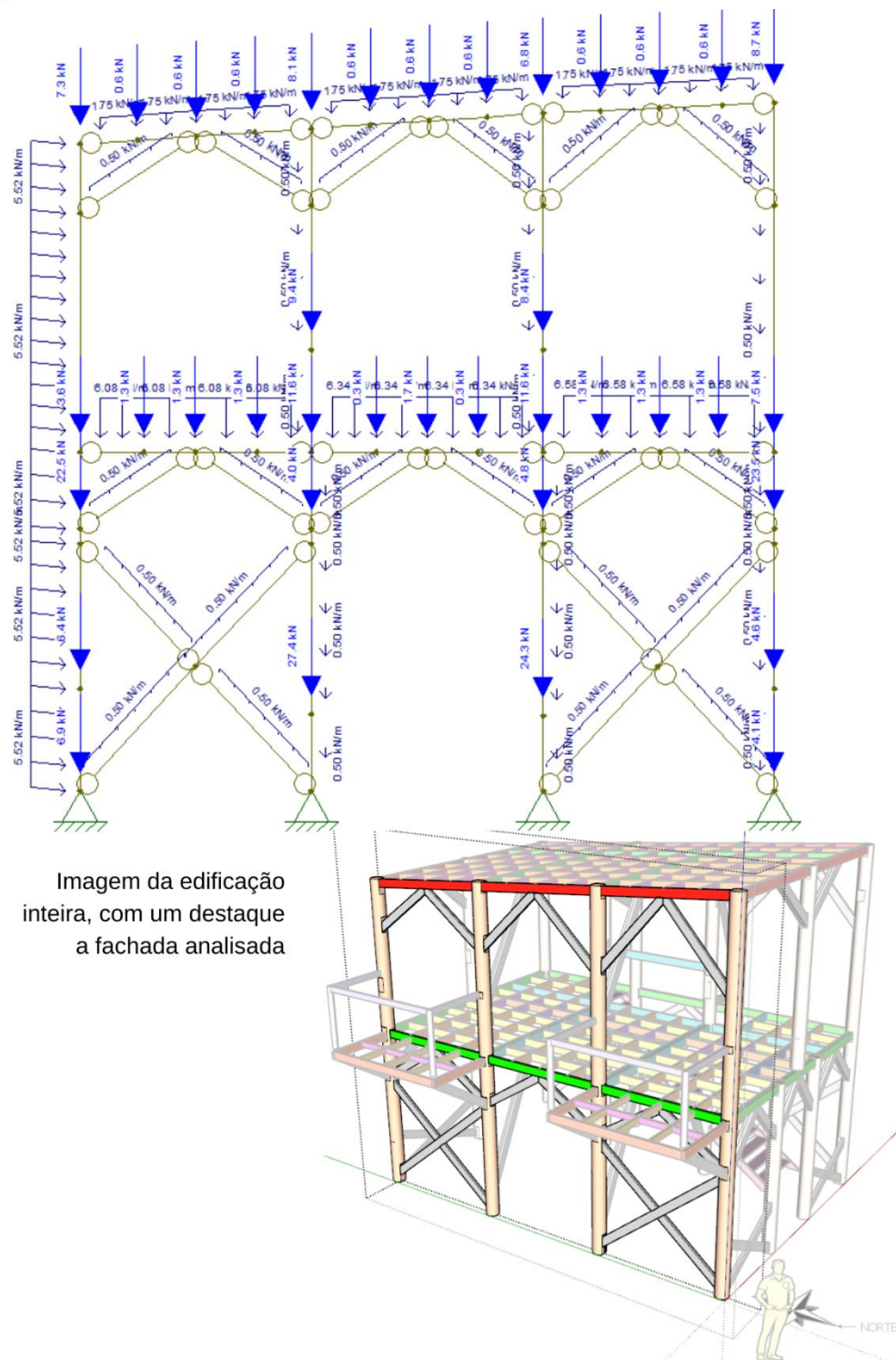
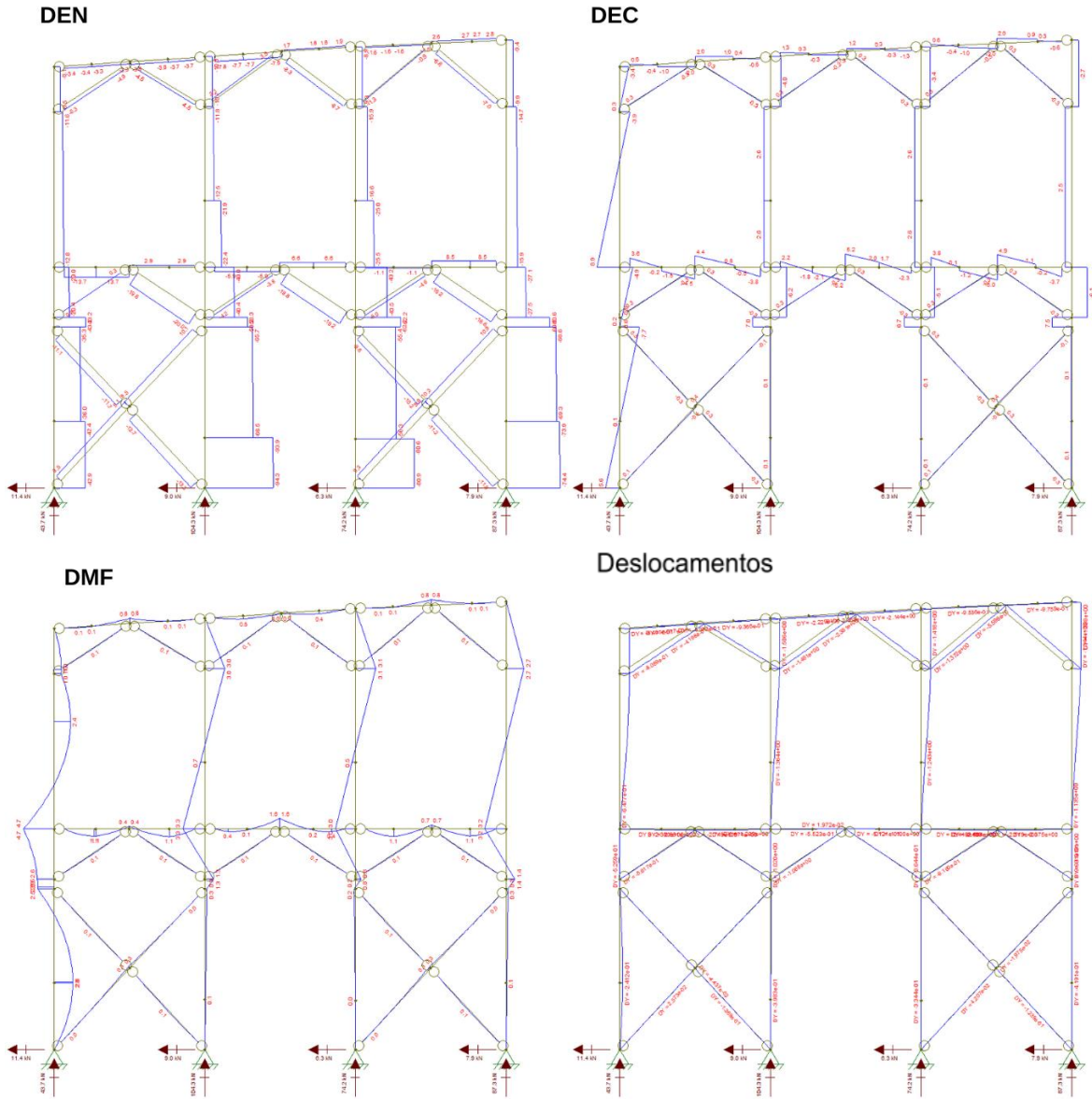


Imagem da edificação inteira, com um destaque a fachada analisada

Fonte: Autoria Própria

Figura 209 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Leste com vento Sul versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria

### 11.4.3 Fachada Oeste Vento Norte – Com Alterações (ELS)

Figura 210 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento Norte versão 2.0 01 (ELS)

Estrutura

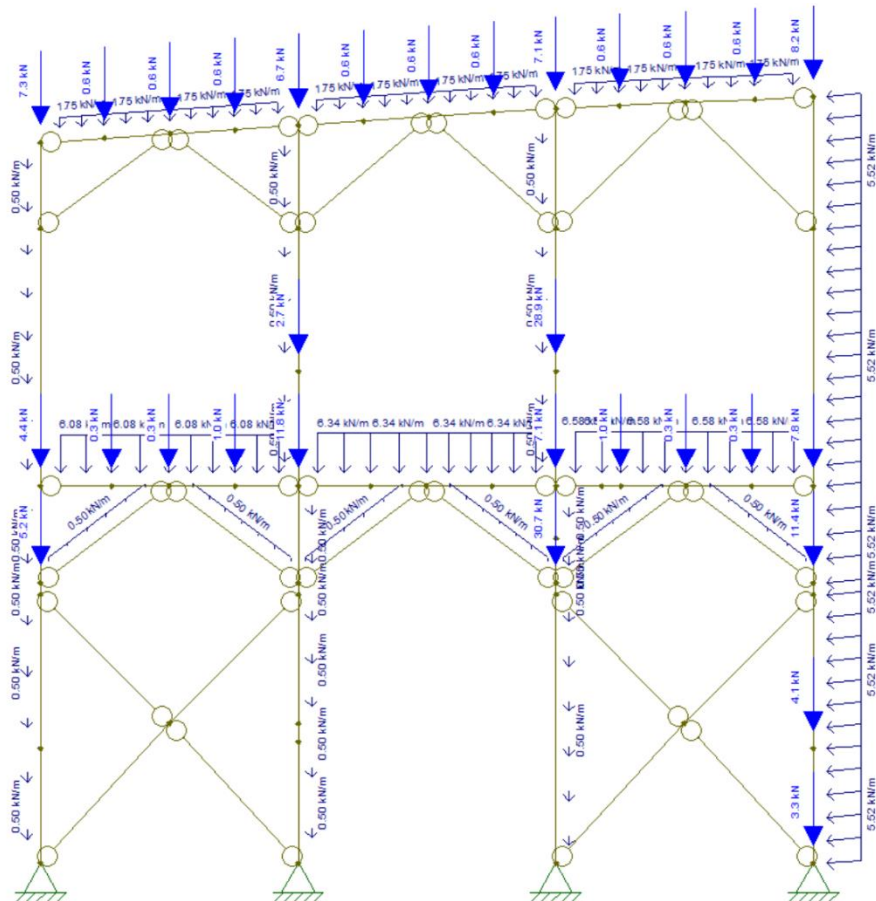
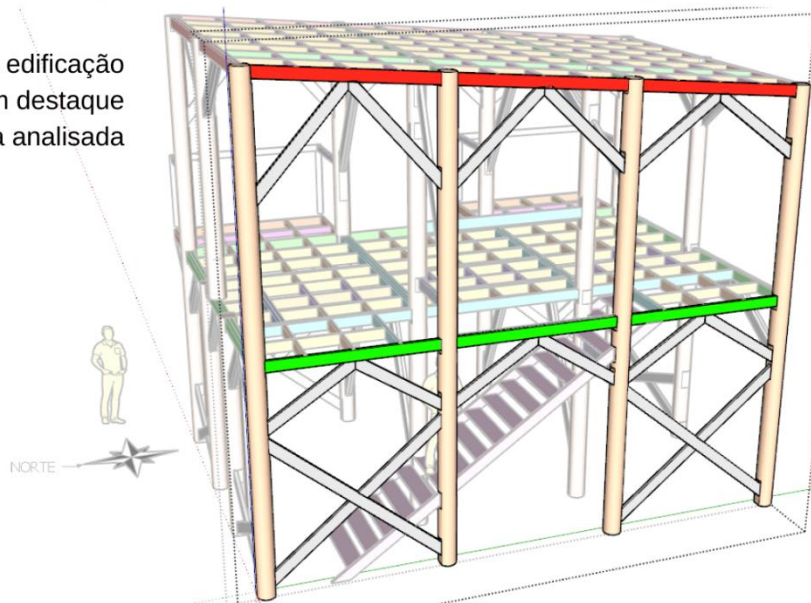
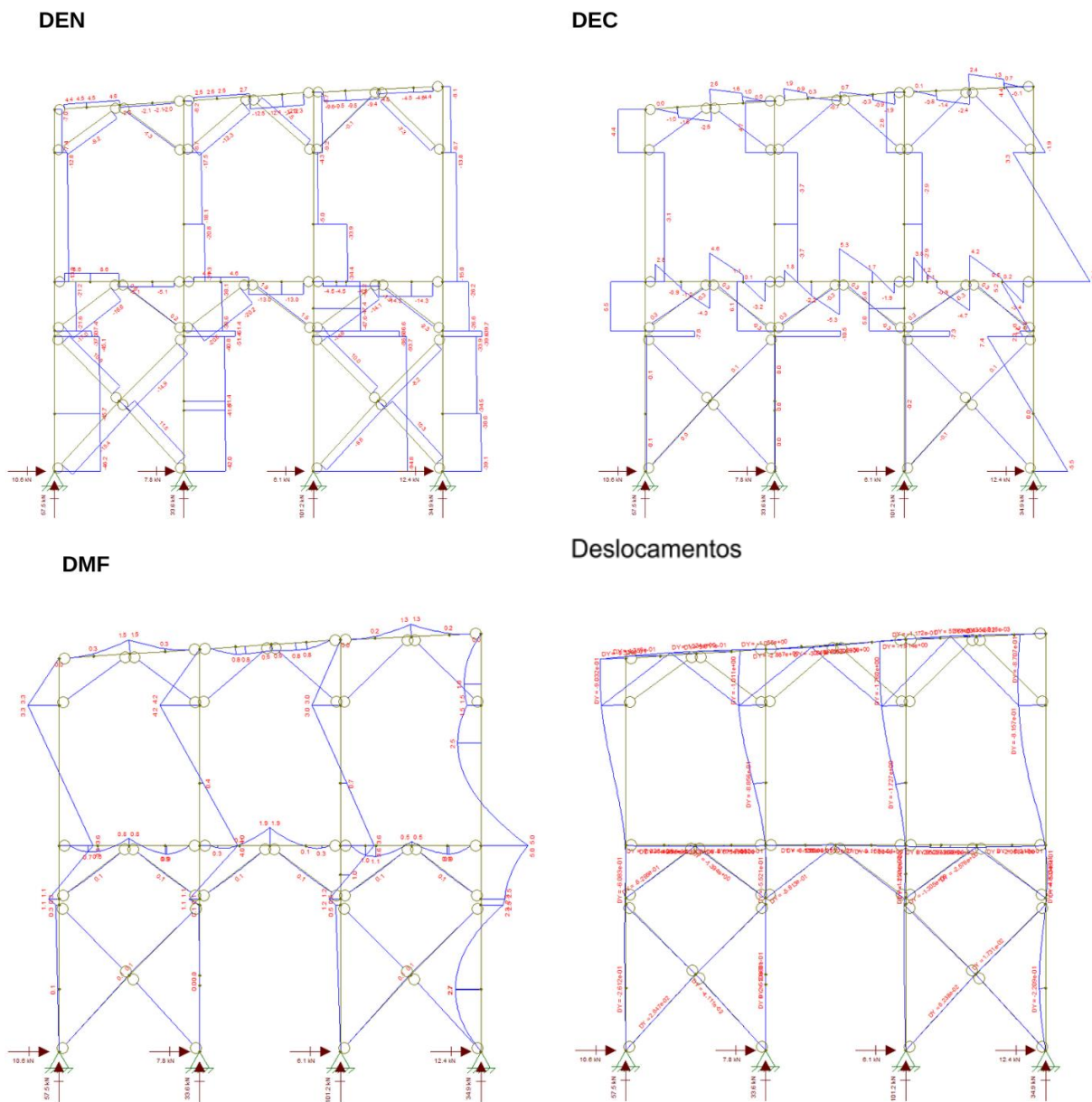


Imagem da edificação inteira, com um destaque a fachada analisada



Fonte: Autoria Própria

Figura 211 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento Norte versão 2.0 02 (ELS)



Fonte: Autoria Própria



### 11.4.4 Fachada Oeste Vento Sul – Com Alterações (ELS) (ELS)

Figura 212 – Esquema estrutural do pórtico Oeste com vento Sul versão 2.0 01

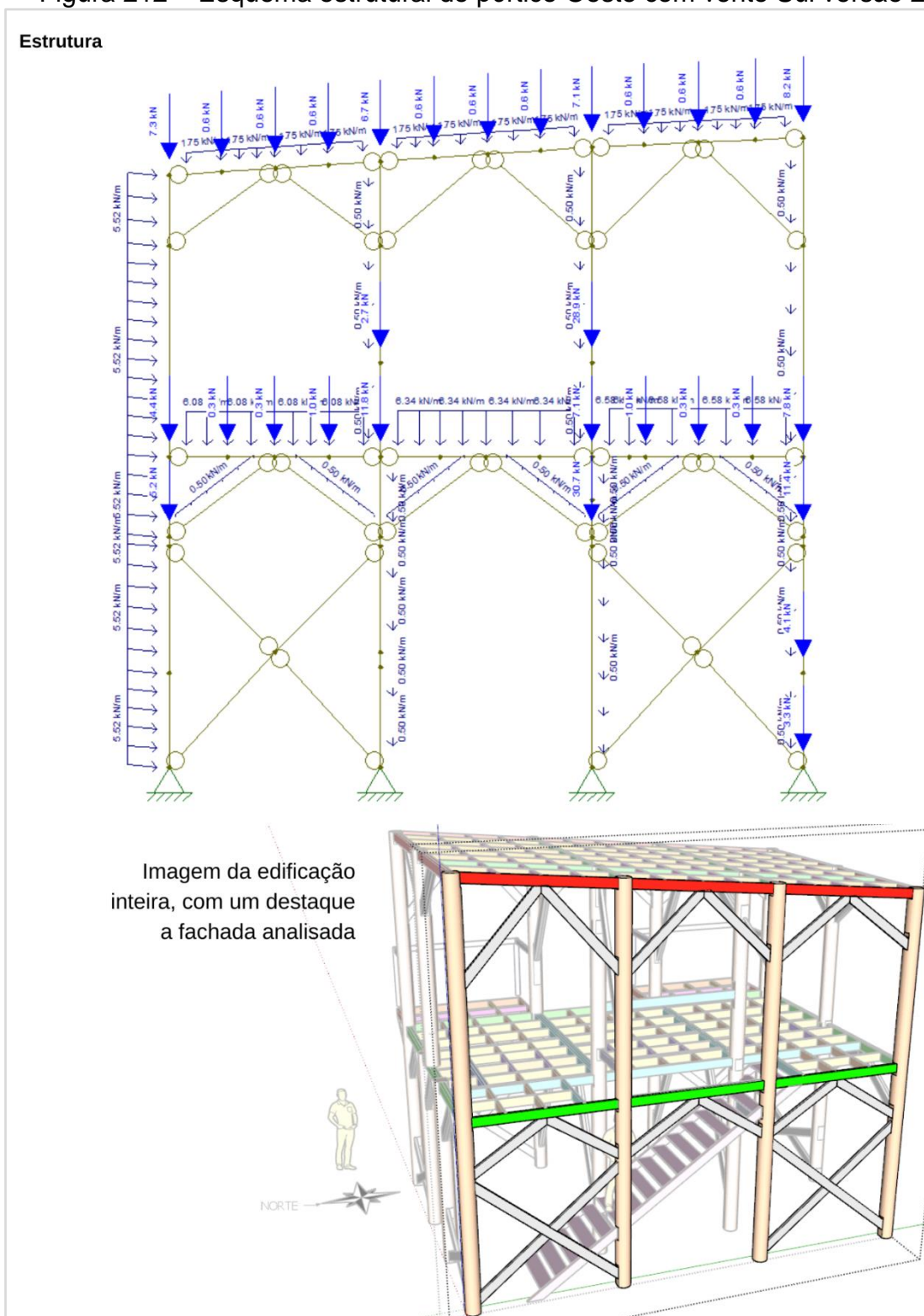
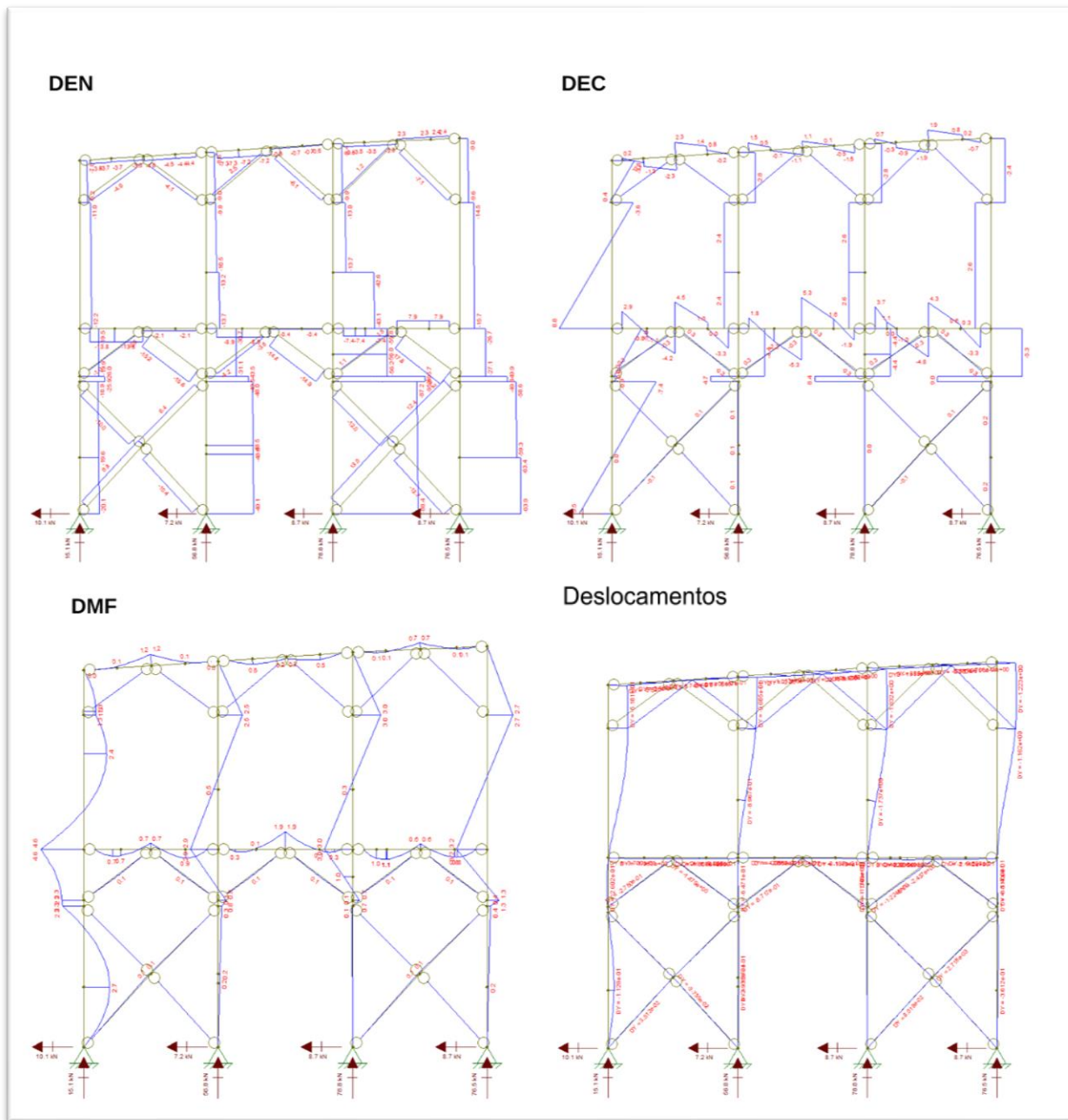


Figura 213 – Diagramas de esforços e deslocamentos do pórtico Oeste com vento Sul versão 2.0 02



Fonte: Autoria Própria

## **12 APENDICE F – VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS NA CONFIGURAÇÃO 02 NA COMBINAÇÃO ELS**

### **12.1 VERIFICAÇÃO DOS ESFORÇOS DAS VIGAS**

Agora, com os novos resultados, serão inseridos os mesmos na planilha para averiguar o quesito deslocamentos máximos.



## 12.1.1 Planilha – Cobertura – Deslocamentos Máximos

Tabela 119 – Deslocamentos máximos das vigas da cobertura

Elementos e Cargas								Deslocamentos Máximos						Deslocamentos medidos pelos Ftool (mm)								
Vigas			Comprimento (m)	Normal Máx (KN)	Tração Máx (KN)	Cortante Transversal Máxima (kN)	Momento Máximo (kNm)	Deslocamento Máximo (mm)	Comprimento	Construção com Materiais Frágeis (m)			Construções Correntes (m)			Deslocamentos	desloc. < valor limite?					
									L (m)	vão	balanço	vão	balanço	vibrações	balanço	vão (/350)	vão (/300)	vão (/250)	Deslocamentos (mm)			
Cobertura	Primárias	Bordas	Norte 01 P1-P2	2,30	3,0	18,9	8,4	4,3	5,287	2,30	6,57	13,14	7,67	15,33	15,00	23,00	6,57	7,67	9,20	5,287	ok!	
			Norte 02 P2-P3	2,30	3,2	19,5	8,8	4,8	4,767	2,30	6,57	13,14	7,67	15,33	15,00	23,00	6,57	7,67	9,20	4,767	ok!	
			Sul 01 P10-P11	2,25	2,8	18,1	9,1	3,5	1,57	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	1,57	ok!
			Sul 02 P12-P12	2,25	3,2	18,5	9,2	3,5	4,244	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	4,244	ok!
			Leste 01 P1-P4	2,25	7,0	2,7	2,5	1,4	0,9195	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	0,9195	ok!
			Leste 02 P4-P7	2,25	10,5	3,0	1,7	0,7	3,344	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	3,344	ok!
			Leste 03 P7-P10	2,25	3,7	5,5	2,8	1,1	0,1255	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	0,1255	ok!
			Oeste 01 P3-P6	2,25	9,4	0,0	2,6	1,3	0,557	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	0,557	ok!
			Oeste 02 P6-P9	2,25	12,5	2,7	1,9	1,9	3,63	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	3,63	ok!
		Oeste 03 P9-P12	2,25	4,5	4,6	2,6	1,5	1,234	2,25							22,50	6,43	7,50	9,00	1,234	ok!	
		Internas	1	2,40	0,2	0,2	4,5	3,1	4,421	2,40							24,00	6,86	8,00	9,60	4,421	ok!
			2	2,40	0,2	0,2	4,5	3,1	4,421	2,40							24,00	6,86	8,00	9,60	4,421	ok!
			3	2,40	0,3	0,3	5,2	3,7	5,289	2,40							24,00	6,86	8,00	9,60	5,289	ok!
			P4 P5 P6	3,56	187,6	0,0	13,2	5,1	10,08	3,56							35,63	10,18	11,88	14,25	10,08	ok!
			P7 P8 P9	3,56	195,0	0,0	15,1	5,5	9,868	3,56							35,63	10,18	11,88	14,25	9,868	ok!
	P4 P5 P6		0,94	10,0	0,0	5,6	2,5	0,8758	0,94							9,40	2,69	3,13	3,76	0,8758	ok!	
	P7 P8 P9		0,94	9,7	0,0	5,5	2,6	0,8518	0,94							9,40	2,69	3,13	3,76	0,8518	ok!	
	sem clariboia		2,40	0,2	0,2	4,5	3,1	4,428	2,40							24,00	6,86	8,00	9,60	4,428	ok!	
	recebe clariboia		2,40	0,3	0,3	5,2	3,7	5,289	2,40							24,00	6,86	8,00	9,60	5,289	ok!	
	Terciárias	1	0,51	0,0	0,0	0,6	0,1	0,009587	0,51							5,10	1,46	1,70	2,04	0,009587	ok!	
		2	0,54	0,0	0,0	0,6	0,1	0,01205	0,54							5,40	1,54	1,80	2,16	0,01205	ok!	
		3	0,56	0,0	0,0	0,5	0,1	0,01394	0,56							5,60	1,60	1,87	2,24	0,01394	ok!	
		4	0,58	0,0	0,0	0,6	0,1	0,01604	0,58							5,80	1,66	1,93	2,32	0,01604	ok!	
		sem clariboia	0,59	0,0	0,0	0,6	0,1	0,01718	0,59							5,90	1,69	1,97	2,36	0,01718	ok!	
		com clariboia	0,59	0,0	0,0	1,0	0,2	0,02733	0,59							5,90	1,69	1,97	2,36	0,02733	ok!	
		Mão Francesa	P4 P5 P6	3,21	30,4	14,7	0,1	0,1	irrelevante	3,21							32,10	9,17	10,70	12,84	irrelevante	ok!
	P7 P8 P9		2,50	12,5	0,0	0,1	0,1	irrelevante	2,50							25,00	7,14	8,33	10,00	irrelevante	ok!	
	P7 P8 P9		1,40	15,8	2,5	0,1	0,1	irrelevante	1,40							14,00	4,00	4,67	5,60	irrelevante	ok!	
	Fachada Leste 2º Pav		1,80	11,9	5,2	0,3	0,1	irrelevante	1,80							18,00	5,14	6,00	7,20	irrelevante	ok!	
	Fachada Oeste 2º Pav		1,80	31,5	11,5	0,0	0,1	irrelevante	1,80							18,00	5,14	6,00	7,20	irrelevante	ok!	
Fachada Norte	0,75		32,2	0,0	0,1	0,1	irrelevante	0,75							7,50	2,14	2,50	3,00	irrelevante	ok!		
Fachada Sul	0,75		38,6	0,0	0,1	0,1	irrelevante	0,75							7,50	2,14	2,50	3,00	irrelevante	ok!		

Fonte: Autoria Própria



12.1.2 Planilha – 2º Pavimento – Deslocamentos Máximos

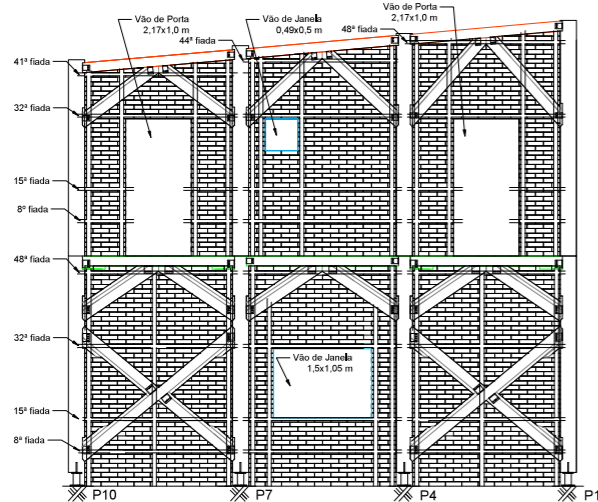
Tabela 120 – Delocamentos máximos das vigas do 2º pavimento

Vigas		Elementos e Cargas							Deslocamentos Máximos										
		Comprimento (m)	Normal Máx (kN)	Tensão Máx (kN)	Carga Transversal Máxima (kN)	Momento Máximo (kNm)	Deslocamento Máximo (mm)	Construção com Materiais Frágeis (m)					Construção Correntes (m)					Deslocamentos medidos pelos Fioel (mm)	
								vão	balança	vão	balança	vibração z	balança	vão (1550)	vão (1300)	vão (1250)	Deslocamentos (mm)	desloc. < valor limite?	
Pranchas	Bordas	Norte 01 P1-P13	1,50	12,4	16,8	8,4	3,5	0,3188	1,50					15,00	4,23	5,00	6,00	0,3188	ok!
		Norte 02 P13-P14	1,25	0,0	13,0	4,7	1,8	1,255	1,25					12,50	3,57	4,17	5,00	1,255	ok!
		Norte 03 P14-P3	1,50	21,3	16,3	6,7	2,5	1,026	1,50					15,00	4,23	5,00	6,00	1,026	ok!
		Sul 01 P10-P11	2,30	10,5	24,3	6,6	1,9	4,347	2,30					23,00	6,57	7,67	9,20	4,347	ok!
		Sul 01 P11-P12	2,30	12,4	11,6	6,3	1,4	2,224	2,30					23,00	6,57	7,67	9,20	2,224	ok!
	Internas	Leste 01 P1-P4	2,25	15,3	8,5	4,9	1,2	2,3	2,25					22,50	6,43	7,50	9,00	2,3	ok!
		Leste 02 P4-P7	2,25	5,8	6,6	6,2	1,7	3,334	2,25					22,50	6,43	7,50	9,00	3,334	ok!
		Leste 03 P7-P10	2,25	13,7	10,6	4,7	1,1	2,448	2,25					22,50	6,43	7,50	9,00	2,448	ok!
		Deste 01 P3-P6	2,25	14,3	7,9	4,8	1,7	2,733	2,25					22,50	6,43	7,50	9,00	2,733	ok!
		Deste 02 P6-P9	2,25	13,0	4,5	5,3	1,9	1,434	2,25					22,50	6,43	7,50	9,00	1,434	ok!
Secundárias	Deste 03 P9-P12	2,25	13,8	8,6	4,6	1,1	1,687	2,25					22,50	6,43	7,50	9,00	1,687	ok!	
	P5-Bordas Norte	2,33	0,0	0,0	7,1	4,1	5,585	2,33					23,26	6,65	7,75	9,30	5,585	ok!	
	P5-P8	2,33	0,0	0,0	1,1	0,7	2,084	2,33					23,30	6,66	7,77	9,32	2,084	ok!	
	P8-Bordas Sul	2,33	0,0	0,0	2,6	1,6	2,428	2,33					23,26	6,65	7,75	9,30	2,428	ok!	
	Pequenas (Vão da Escada)	1,12	0,0	0,0	1,0	0,5	0,268	1,12					11,20	3,20	3,73	4,48	0,268	ok!	
	P4 P5 P6	3,56	168,4	0,0	27,9	8,1	4,5535	3,56					35,60	10,17	11,87	14,24	4,5535	ok!	
	P7 P8 P9	3,56	147,6	0,0	27,9	9,2	3,242	3,56					35,60	10,17	11,87	14,24	3,242	ok!	
	2,40m sem paredes	2,40	0,0	0,0	2,1	1,4	2,084	2,40					24,00	6,86	8,00	9,60	2,084	ok!	
	Especial 2.1	1,02	0,0	0,0	2,2	1,0	0,4417	1,02					10,20	2,31	3,40	4,08	0,4417	ok!	
	Especial 2.2	1,02	0,0	0,0	4,9	1,6	0,7847	1,02					10,20	2,31	3,40	4,08	0,7847	ok!	
Terciárias	Especial 2.3	1,02	0,0	0,0	2,1	1,3	0,5511	1,02					10,20	2,31	3,40	4,08	0,5511	ok!	
	1,80m sem parede	1,80	0,0	0,0	1,5	0,8	1,231	1,80					18,00	5,14	6,00	7,20	1,231	ok!	
	1,80m com parede	1,80	0,0	0,0	3,3	2,2	3,743	1,80					18,00	5,14	6,00	7,20	3,743	ok!	
	Especial 1	2,05	0,0	0,0	6,7	4,1	4,538	2,05					20,50	5,86	6,83	8,20	4,538	ok!	
	2,40 que recebe Especial 1	2,40	0,0	0,0	6,6	3,8	5,051	2,40					24,00	6,86	8,00	9,60	5,051	ok!	
	10x15 2,40m parede esquerda	2,40	0,0	0,0	6,4	5,5	7,366	2,40					24,00	6,86	8,00	9,60	7,366	ok!	
	10x15 2,40m parede direita	2,40	0,0	0,0	6,3	5,3	7,224	2,40					24,00	6,86	8,00	9,60	7,224	ok!	
	10x15 2,40m com parede	2,40	0,0	0,0	3,5	3,1	4,08	2,40					24,00	6,86	8,00	9,60	4,08	ok!	
	1	0,36	0,0	0,0	0,2	0,1	0,001082	0,36					3,60	1,03	1,20	1,44	0,001082	ok!	
	2	0,40	0,0	0,0	0,2	0,1	0,001648	0,40					4,00	1,14	1,33	1,60	0,001648	ok!	
Mão Françada	3	0,42	0,0	0,0	0,2	0,1	0,002003	0,42					4,20	1,20	1,40	1,68	0,002003	ok!	
	4	0,45	0,0	0,0	0,2	0,1	0,00264	0,45					4,50	1,29	1,50	1,80	0,00264	ok!	
	5 - sem parede	0,47	0,0	0,0	0,2	0,1	0,003142	0,47					4,70	1,34	1,57	1,88	0,003142	ok!	
	6 - com paredes	0,47	0,0	0,0	1,3	0,2	0,02268	0,47					4,70	1,34	1,57	1,88	0,02268	ok!	
	7 - com paredes	0,57	0,0	0,0	2,0	0,3	0,04759	0,57					5,70	1,63	1,90	2,28	0,04759	ok!	
	8 - com paredes	0,57	0,0	0,0	2,2	0,3	0,05296	0,57					5,70	1,63	1,90	2,28	0,05296	ok!	
	9	0,52	0,0	0,0	0,3	0,1	0,004708	0,52					5,20	1,49	1,73	2,08	0,004708	ok!	
	10	0,56	0,0	0,0	0,3	0,1	0,006337	0,56					5,60	1,60	1,87	2,24	0,006337	ok!	
	P4 P5 P6	3,21	23,6	16,7	0,0	0,0	irrelevante	3,21					32,10	3,17	10,70	12,84	irrelevante	ok!	
	P7 P8 P9	1,93	28,7	21,1	0,0	0,0	irrelevante	1,93					19,30	5,51	6,43	7,72	irrelevante	ok!	
Fachada Norte G	1,35	34,5	19,5	0,2	0,1	irrelevante	1,35					13,50	3,86	4,50	5,40	irrelevante	ok!		
Fachada Norte P	1,00	26,3	0,0	0,0	0,0	irrelevante	1,00					10,00	2,86	3,33	4,00	irrelevante	ok!		
Fachada Norte Janela	1,80	13,8	8,5	0,0	0,0	irrelevante	1,80					18,00	5,14	6,00	7,20	irrelevante	ok!		
Fachada Sul	1,35	33,3	8,5	0,3	0,1	irrelevante	1,35					13,50	3,86	4,50	5,40	irrelevante	ok!		
Fachada Sul Janela	1,80	15,3	14,8	0,0	0,0	irrelevante	1,80					18,00	5,14	6,00	7,20	irrelevante	ok!		
Fachada Leste 1º Pav	3,30	14,3	11,1	0,1	0,1	irrelevante	3,30					33,00	3,43	11,00	13,20	irrelevante	ok!		
Fachada Oeste 1º Pav	3,30	12,3	7,5	0,0	0,1	irrelevante	3,30					33,00	3,43	11,00	13,20	irrelevante	ok!		
Escada construída sucessivamente	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	0,5	0,8	1,0	0,4	0,1956	1,58					15,80	4,51	5,27	6,32	0,1956	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	0,8	0,8	1,4	1,0	1,572	2,62					26,20	7,43	8,73	10,48	1,572	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,31	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1955	0,31					3,10	2,60	3,03	3,64	0,1955	ok!	
	Degraus	1,00	0,0	0,0	0,4	0,1	2,472	1,00					10,00	2,86	3,33	4,00	2,472	ok!	
Escada construída em conjunto com si	1ª viga (baixo pra cima)	1,58	33,0	0,0	1,2	0,6	1,009	1,58					15,80	4,51	5,27	6,32	1,009	ok!	
	2ª viga (baixo pra cima)	2,62	33,8	0,0	2,2	0,8	2,607	2,62					26,20	7,43	8,73	10,48	2,607	ok!	
	3ª viga (baixo pra cima)	0,31	6,1	0,0	0,3	0,1	1,027	0,31					3,10	2,60	3,03	3,64	1,027	ok!	
Viguetas	Terciária	0,62	0,0	0,0	0,3	0,1	0,03535	0,62					6,20	1,77	2,07	2,48	0,03535	ok!	
	Secundária	1,30	0,0	0,0	1,0	0,4	1,41	1,30					13,00	3,71	4,33	5,20	1,41	ok!	
	Bordas 1,30m	1,30	0,0	0,0	0,5	0,2	0,1631	1,30					13,00	3,71	4,33	5,20	0,1631	ok!	
Bordas 2,45m	2,45	0,0	0,0	2,1	1,6	4,884	2,45					24,50	7,00	8,17	9,80	4,884	ok!		

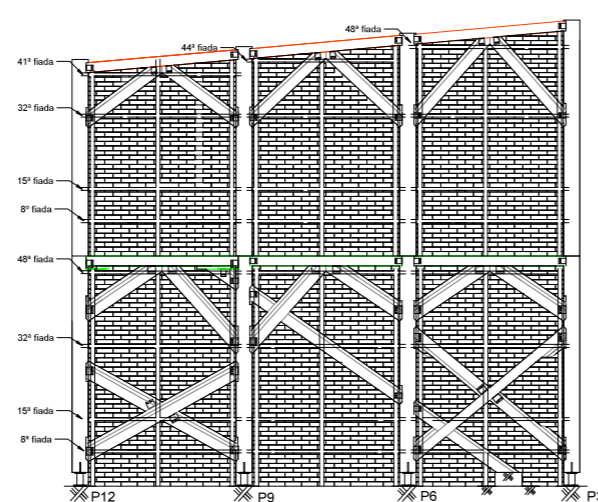
Fonte: Autoria Própria

13 APÊNDICE G – PRANCHAS DE EXECUÇÃO

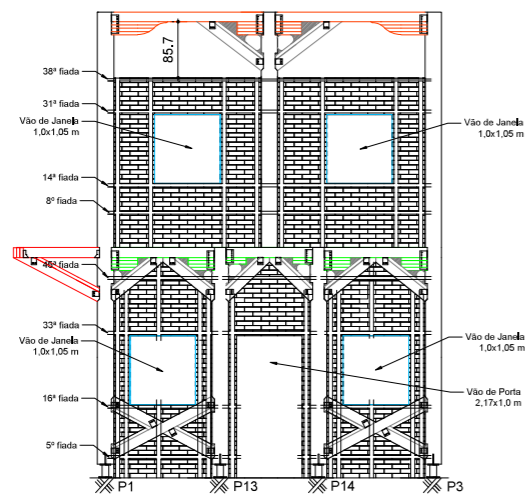
Aqui, serão expostas as pranchas de execução.



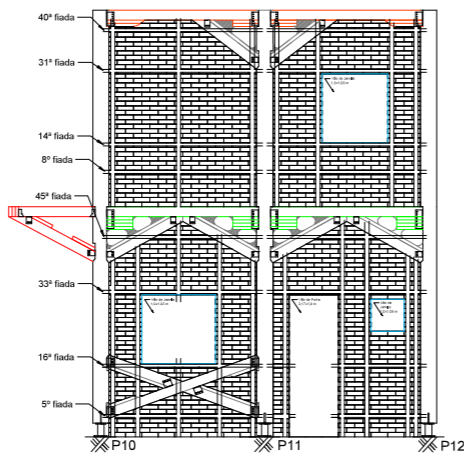
Fachada Leste - Blocos e Grautes  
escala 1:75



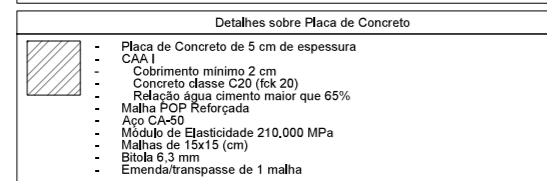
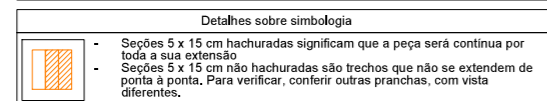
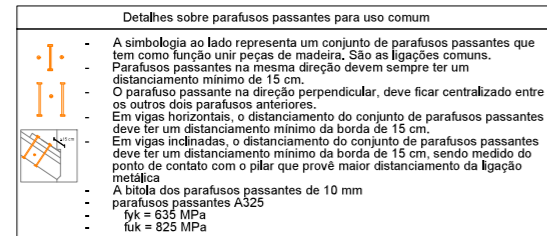
Fachada Oeste - Blocos e Grautes  
escala 1:75



Fachada Norte - Blocos e Grautes  
escala 1:75



Fachada Sul - Blocos e Grautes  
escala 1:75



Observações Gerais

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,6 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

Informações Gerais da Madeira

- Espécie Eucalipto citriodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

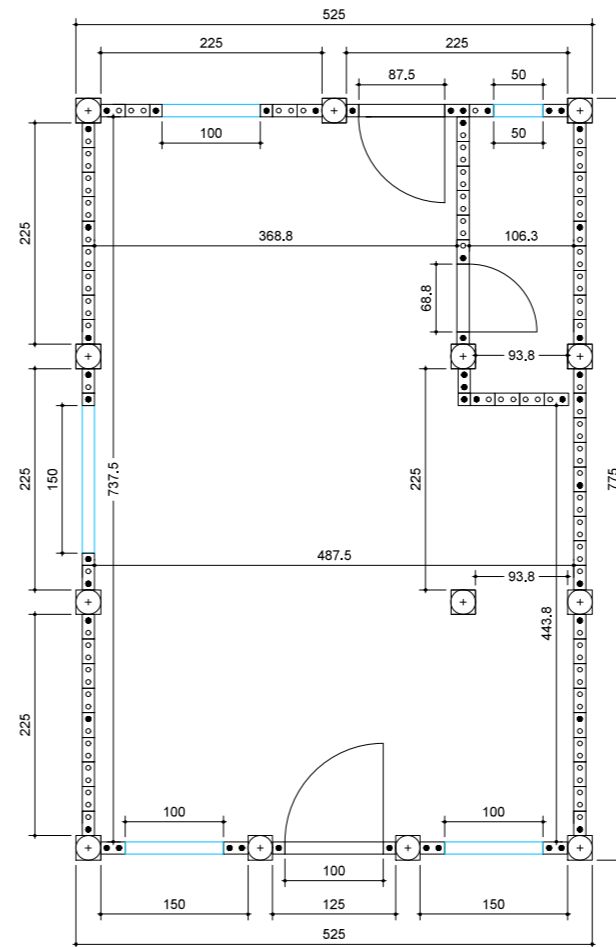
Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras  $f_{0k} = 44,35$  MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras  $f_{vk} = 10,91$  MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade  $15470,92$  MPa
- Densidade aparente  $= 1000\text{kg/m}^3 = 10$  kN/m<sup>3</sup>
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente na peça de madeira

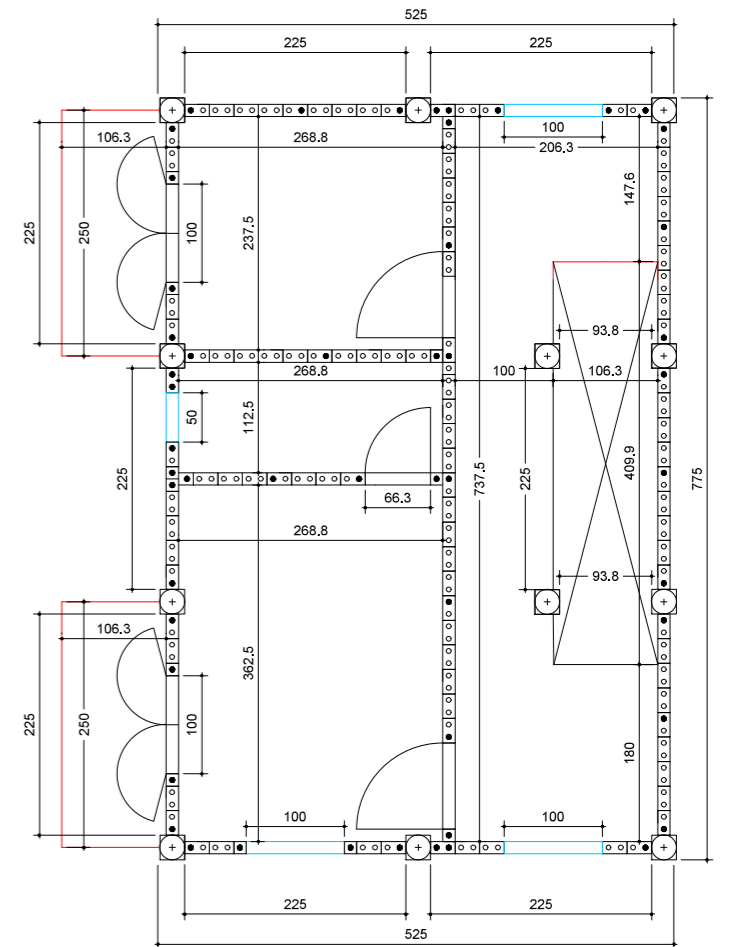
Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes uma da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm.
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações elétricas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desrosqueando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias



Primeira Fiada - Pav. Térreo  
escala 1:50



Primeira Fiada - 1º Pav.  
escala 1:50

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160      Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotadas	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Critérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
 Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Primeiras Fiadas - Fachadas**

Fase do Projeto: **Análise dos Professores**

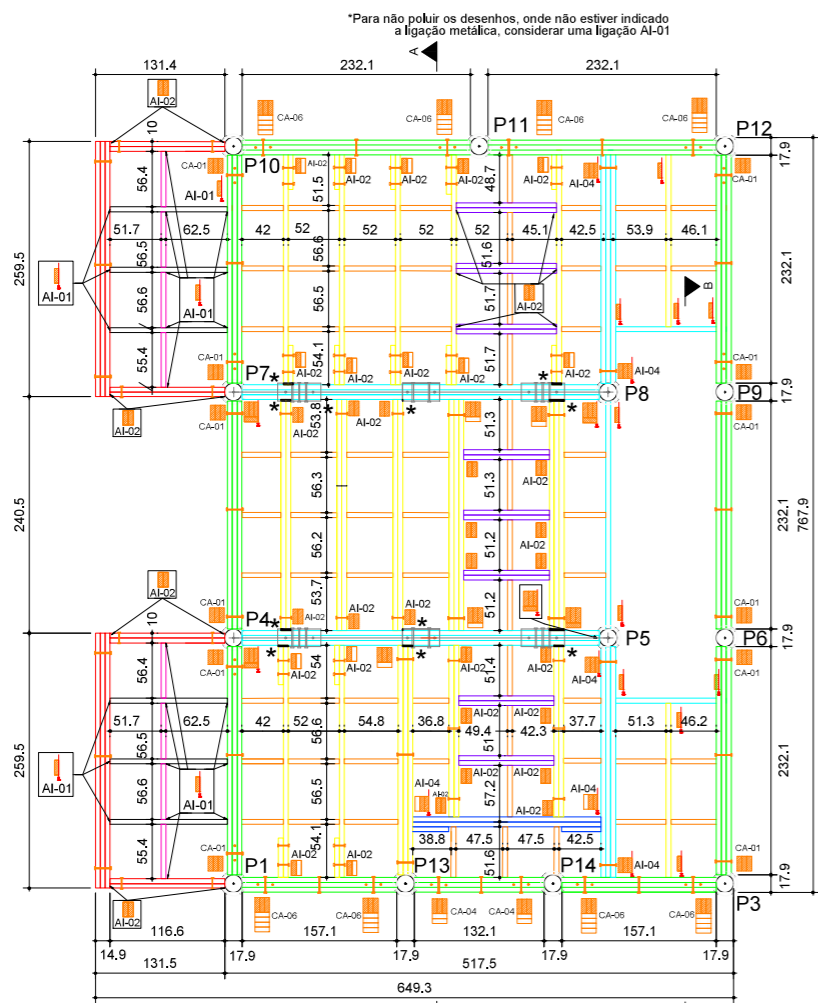
Folha: **01**

Escala: Indicada      Data: 19/06/2023      Desenhista: Bruno Urata      Arquivo do Projetista: -

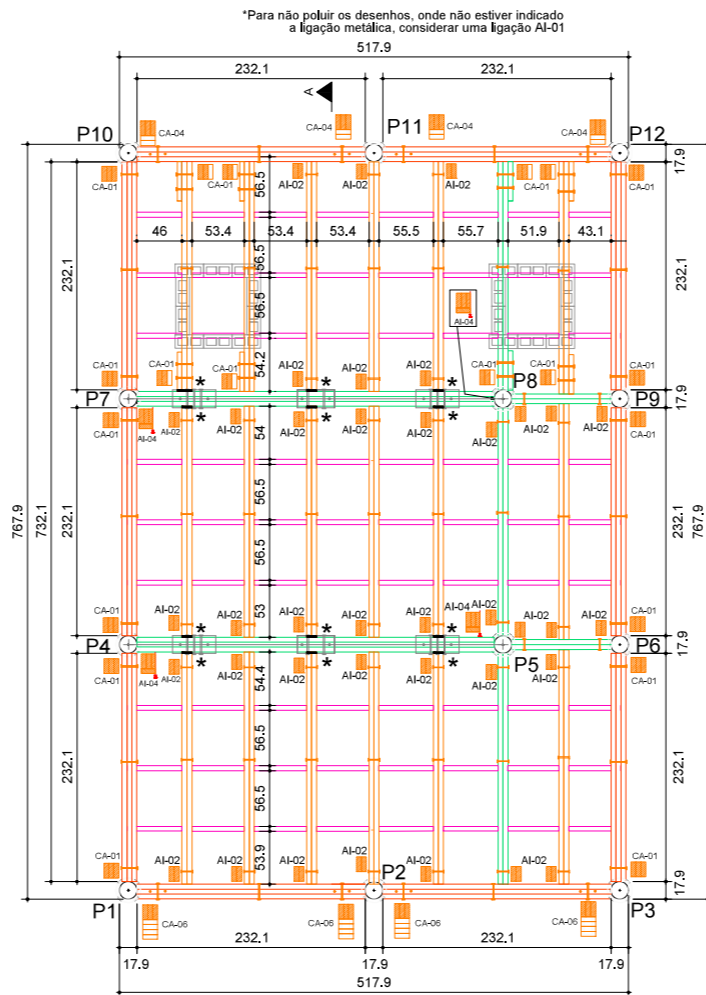
Projeta: **Aluno Bruno Urata**  
 CREA/SC XXXXXX-X

Proprietário: **cliente fulano de tal**  
 CNPJ: 00.000.000/0000-00

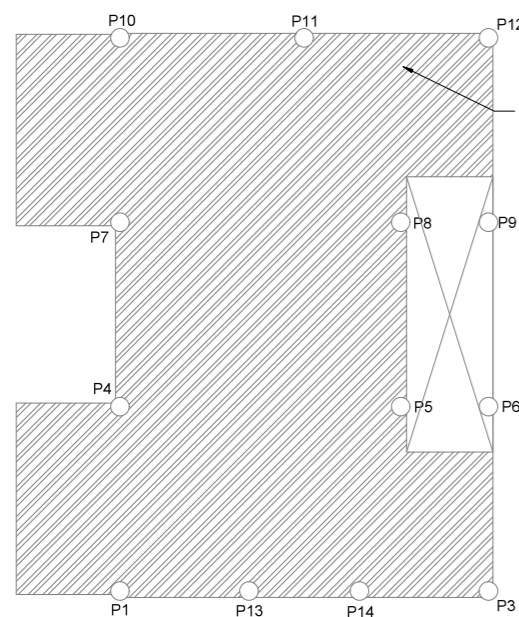




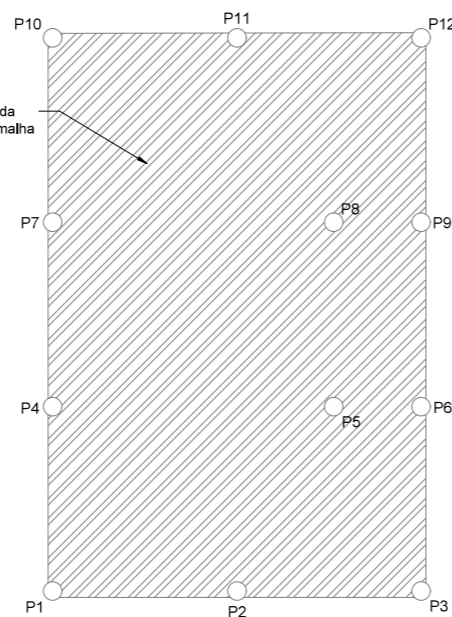
Laje nervurada - 2º pavimento  
escala 1:50



Laje nervurada - Cobertura  
escala 1:50



Placa de Concreto  
1º pavimento  
escala 1:75



Placa de Concreto  
Cobertura  
escala 1:75

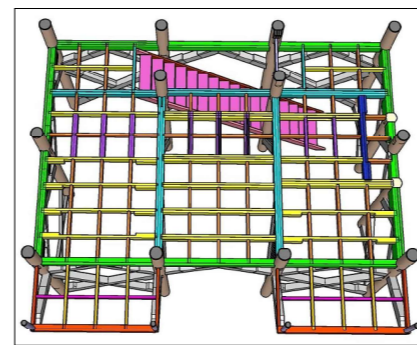


Imagem 3D 01

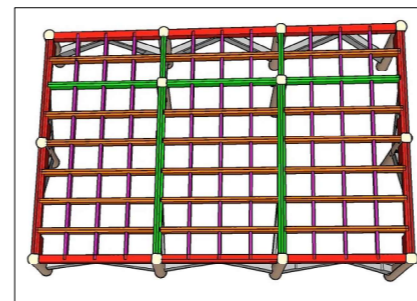


Imagem 3D 02

Modelos das Ligações metálicas	
Cavilhas autopurificantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120°120	AI-01 40°110
CA-02 120°160	AI-02 100°110
CA-03 120°200	AI-03 100°140
CA-04 120°240	AI-04 140°140
CA-05 120°280	AI-05 120°160
CA-06 120°320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portanta isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160°160 Aço carbônico S235 com zincoagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética dos vértices que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fvk = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

00	Emissão		Bruno Urata	19/06/2023
Rev.		Descrição	Responsável	Data

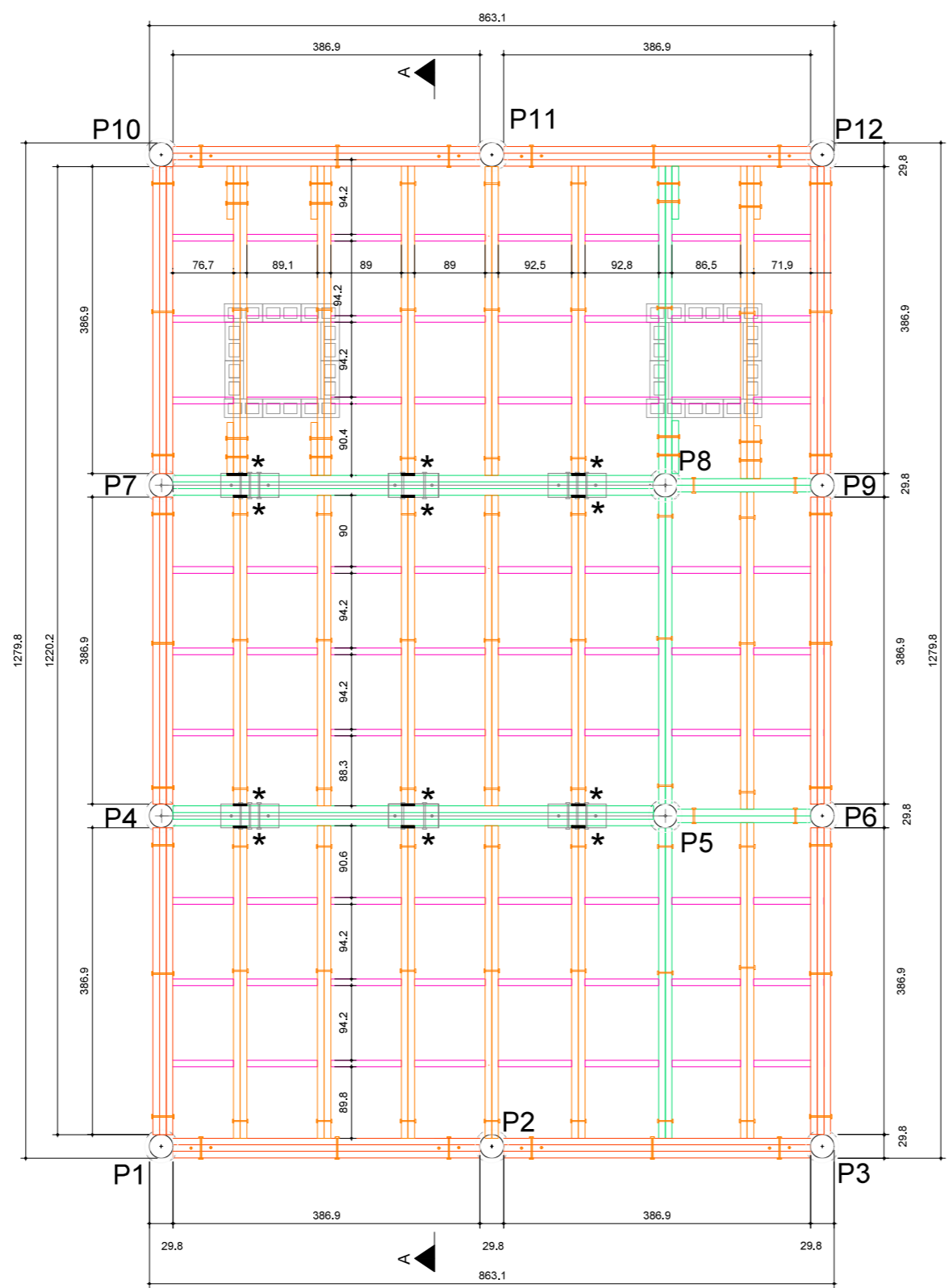
Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento		

Obra: <b>RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA</b> Site Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.	
Tipo de Projeto: <b>PROJETO ESTRUTURAL</b>	
Descrição da Folha: <b>Lajes Nervuradas - Placa de Concreto - Imagens</b>	
Escala: Indicada	Data: 19/06/2023
Desenhista: Bruno Urata	Arquivo do Projetista: -
Fase do Projeto: Análise dos Professores	
Folha: <b>02</b>	

Projetista:  Aluno Bruno Urata CREA/SC XXXXXX-X	Proprietário:  cliente fulano de tal CPF: 00.000.000/0000-00
--	---

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código	
Primárias	Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
	Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
	Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
	Sul 02 P12-P11	VCPBS2	
	Leste 01 P1-P4	VCPBL1	
	Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
	Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
	Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
	Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
	Internas	1	VCI1
		2	VCI2
		3	VCI3
Secundárias	P4 P5 P6	VCI P4P5	
	P7 P8 P9	VCI P7P8	
	P4 P5 P6	VCI P5P6	
Terciárias	sem clarboia	VCSSC	
	recebe clarboia	VCSRC	
	1	VC1	
	2	VC2	
	3	VC3	
Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
	P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
	P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
	P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
	P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
	Fachada Norte	CMFFN	
	Fachada Sul	CMFFS	
	Fachada Leste	CMFFL	
	Fachada Oeste	CMFFO	
	Primárias	Norte 01 P1-P13	V2PPN1
Norte 02 P13-P14		V2PPN2	
Norte 03 P14-P3		V2PPN3	
Sul 01 P10-P11		V2PPS1	
Sul 02 P11-P12		V2PPS2	
Leste 01 P1-P4		V2PPL1	
Leste 02 P4-P7		V2PPL2	
Leste 03 P7-P10		V2PPL3	
Oeste 01 P3-P5		V2PPO1	
Oeste 02 P6-P9		V2PPO2	
Oeste 03 P9-P12		V2PPO3	
Internas		P5-Borda Norte	V2PPI P5PN
		P5-P3	V2PPI P5P3
	P8-Borda Sul	V2PPI P8PS	
	Pequenas (Vão da Escada)	V2PIP	
	P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6	
	P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9	
	2,40m sem parede	V2PS2 4SP	
	Especial 2.1	V2PSE2.1	
	Especial 2.2	V2PSE2.2	
	Especial 2.3	V2PSE2.3	
Secundárias	1,80m sem parede	V2PS1 8SP	
	1,80m com parede	V2PS1 8CP	
	Especial 1	V2PSE1	
	2,40 que recebe Especial 1	V2PS2 3RE1	
	10x15 2,40m parede esquerda	V2P2 4PE	
	10x15 2,40m parede direita	V2P2 4PD	
	10x15 2,40m com parede	V2P2 4CP	
	1	V2PT	
	2	V2PT	
	3	V2PT	
Terciárias	4	V2PT	
	5 - sem parede	V2PTSP	
	6 - com parede	V2PTSP	
	7 - com parede	V2PTSP	
	8 - com parede	V2PTSP	
	9	V2PT	
	10	V2PT	
	Mão Francesa	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6
		P7 P8 P9	2PMF P7P8P9
		Fachada Norte C	2PMFFNC
Fachada Norte P		2PMFFNP	
Fachada Norte Janela		2PMFFNJ	
Fachada Sul		2PMFFS	
Fachada Sul Janela		2PMFFSJ	
Fachada Leste Térreo MF sup		2PMFFL	
Fachada Leste Térreo cruz		2PMFFL CRUZ	
Fachada Oeste Térreo MF sup		2PMFFO	
Estrada	Fachada Oeste Térreo cruz Varanda	2PMFFO CRUZ MF VARANDA	
	Degraus	D	
	1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
	2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
Vigências	3a vga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
	Terciária	VVT	
	Secundária	VVS	
Borda 1,30m	VBT		
Borda 2,40m	VBS		



Laje nervurada - Cobertura  
escala 1:30

Modelos das Ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estritos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que provê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fvk = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente na peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampas metálicas.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Lajes Nervuradas - Placa de Concreto - Imagens**

Escala: Indicada | Data: 19/06/2023 | Desenhista: Bruno Urata | Arquivo do Projetista: -

Projeta: Aluno Bruno Urata CREA/SC XXXXXX-X

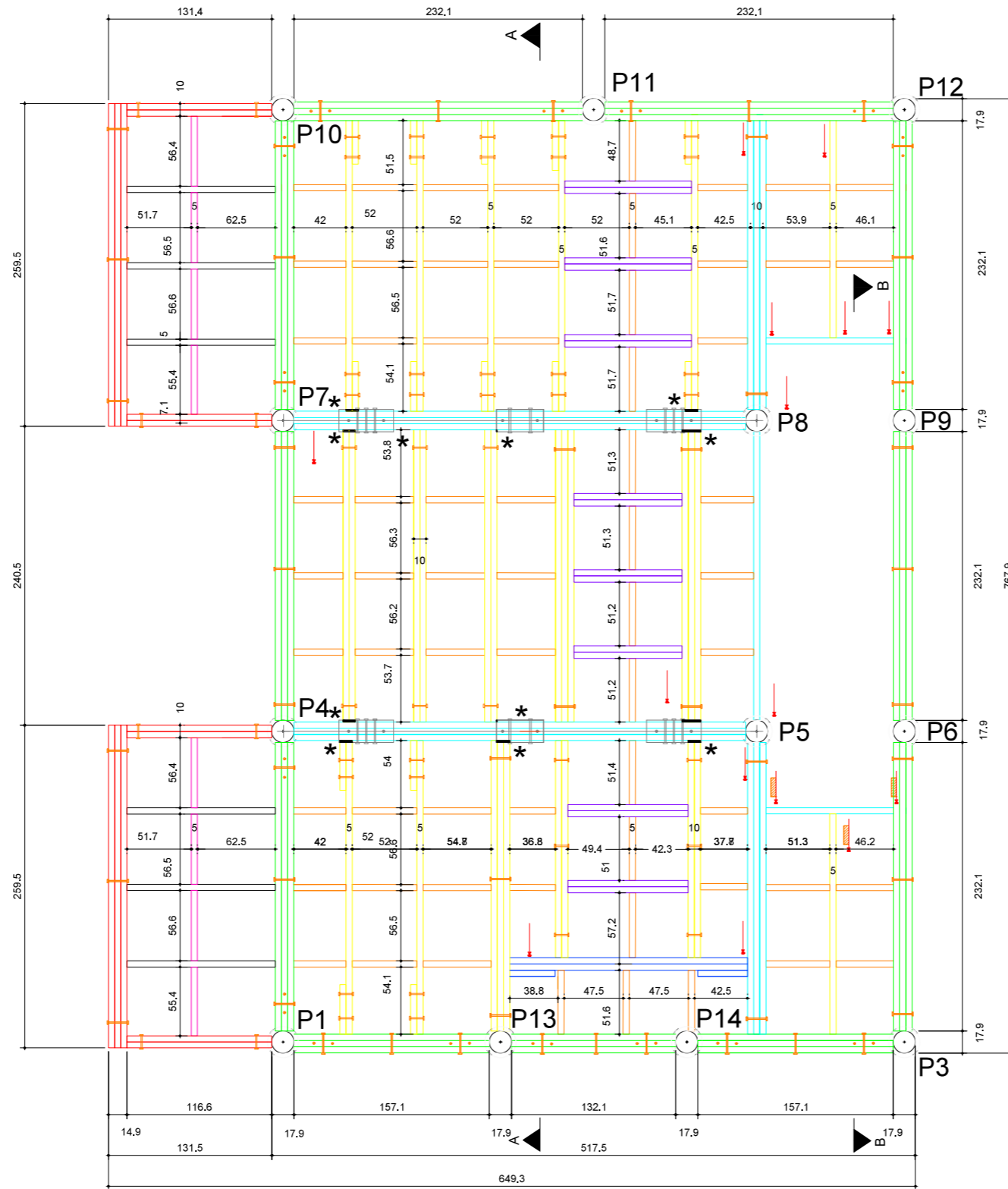
Proprietário: cliente fulano de tal CNPJ: 00.000.000/0000-00

Fase do Projeto: Análise dos Professores

Folha: **03**

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código			
Primárias	Borcas	Norte 01 P1-P2	VCPBN1		
		Norte 02 P2-P3	VCPBN2		
		Sul 01 P10-P11	VCPBS1		
		Sul 02 P12-P12	VCPBS2		
		Leste 01 P1-P4	VCPBL1		
		Leste 02 P4-P7	VCPBL2		
		Leste 03 P7-P10	VCPBL3		
	Internas	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1		
		Oeste 02 P6-P9	VCPBO2		
		Oeste 03 P9-P12	VCPBO3		
		1	VC1		
		2	VC2		
		3	VC3		
		P4 P5 P6	VCI P4P5		
Secundárias	sem clarboia	recebe clarboia	VCSSC		
		recebe clarboia	VCSRC		
	Terciárias	1	VTSC		
		2			
		3			
		4			
		5			
	Mão-Franca	Fachada Norte	Fachada Norte	CMFFN	
			Fachada Sul	CMFFS	
			Fachada Leste	CMFFL	
			Fachada Oeste	CMFFO	
			Fachada Sul	Norte 01 P1-P13	V2PPBN1
				Norte 02 P13-P14	V2PPBN2
				Norte 03 P14-P3	V2PPBN3
Sul 01 P10-P11		V2PPBS1			
Sul 02 P11-P12		V2PPBS2			
Leste 01 P1-P4		V2PPBL1			
Leste 02 P4-P7		V2PPBL2			
Leste 03 P7-P10		V2PPBL3			
Oeste 01 P3-P5		V2PPBO1			
Oeste 02 P6-P9		V2PPBO2			
Oeste 03 P9-P12	V2PPBO3				
Internas	P5-Borda Norte	V2PPI P5BN			
	P5-P3	V2PPI P5P3			
	P8-Borda Sul	V2PPI P8BS			
	Pequenas (Vão da Escada)	V2PIP			
	P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6			
	P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9			
	2,40m sem parede	V2PS2 4SP			
Secundárias	Especial 2.1	Especial 2.1	V2PSE2.1		
		Especial 2.2	V2PSE2.2		
		Especial 2.3	V2PSE2.3		
	Especial 3	1,80m sem parede	V2P31 8SP		
		1,80m com parede	V2P31 8CP		
		Especial 1	V2PSE1		
	Terciárias	2,40 que recebe Especial 1	V2PS2 3RE1		
		10x15 2,40m parede esquerda	V2P2 4PE		
		10x15 2,40m parede direita	V2P2 4PD		
		10x15 2,40m com parede	V2P2 4CP		
		1	V2PT		
		2			
		3			
	4				
Mão-Franca	Fachada Norte	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6		
		P7 P8 P9	2PMF P7P8P9		
		Fachada Norte P	2PMFFNP		
		Fachada Norte Janela	2PMFFNJ		
		Fachada Sul	2PMFFS		
		Fachada Sul Janela	2PMFFSJ		
		Fachada Leste Térreo MF sup	2PMFFL		
	Fachada Leste Térreo cruz	2PMFFL CRUZ			
	Fachada Oeste	Fachada Oeste Térreo MF sup	2PMFFO		
		Fachada Oeste Térreo cruz	2PMFFO CRUZ		
		Varanda	MF VARANDA		
		Estrada	Degraus	D	
			1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
			2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
3a vga (baixo pra cima)			VE 3 (E.D)		
Terciária	VVT				
Secundária	VVS				
Borda 1,30m	VBT				
Borda 2,40m	VBS				



Laje nervurada - 2º pavimento  
escala 1:30

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autopurificantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portanta isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que provê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética dos vértices que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Especie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fvk = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade E = 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilares das paredes deve possuir 15 cm.
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Laje 2º pavimento**

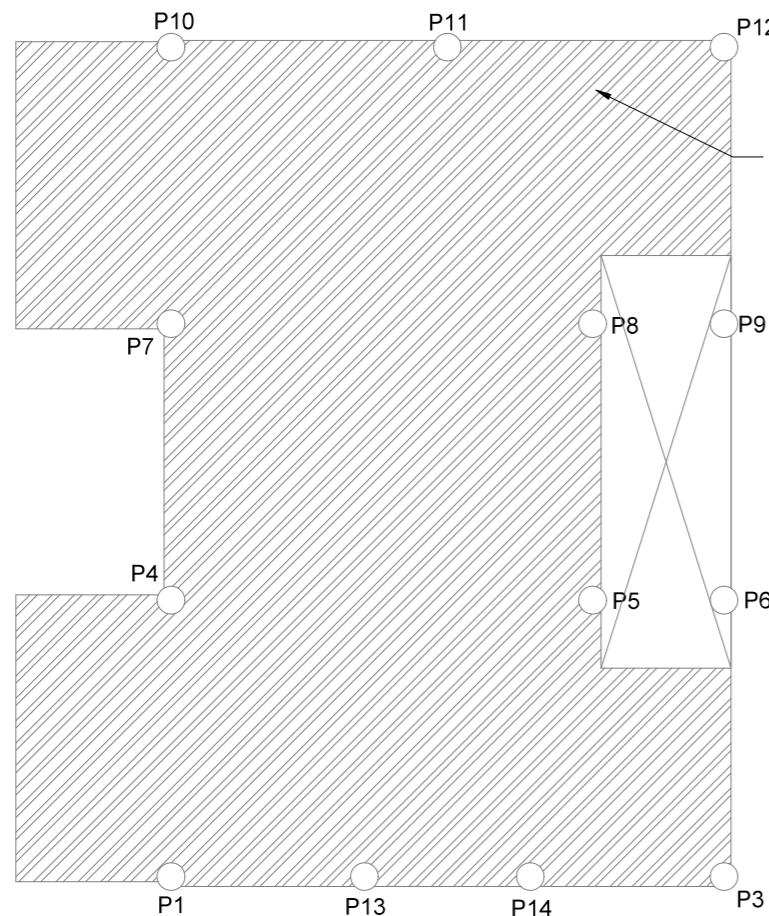
Escala: Indicada | Data: 19/06/2023 | Desenhista: Bruno Urata | Arquivo do Projetista: -

Projeta: Aluno Bruno Urata CREA/SC XXXXXX-X

Proprietário: cliente fulano de tal CNPJ: 00.000.000/0000-00

Fase do Projeto: Análise dos Professores

Folha: **04**



Placa de Concreto  
1º pavimento  
escala 1:50

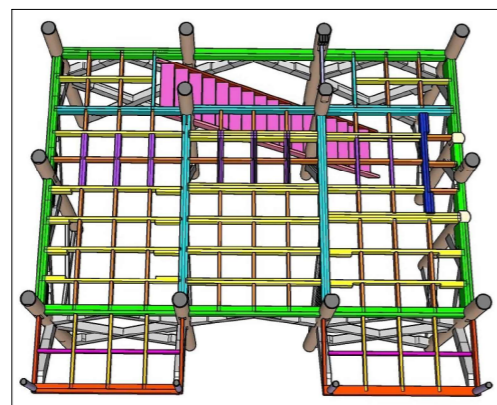
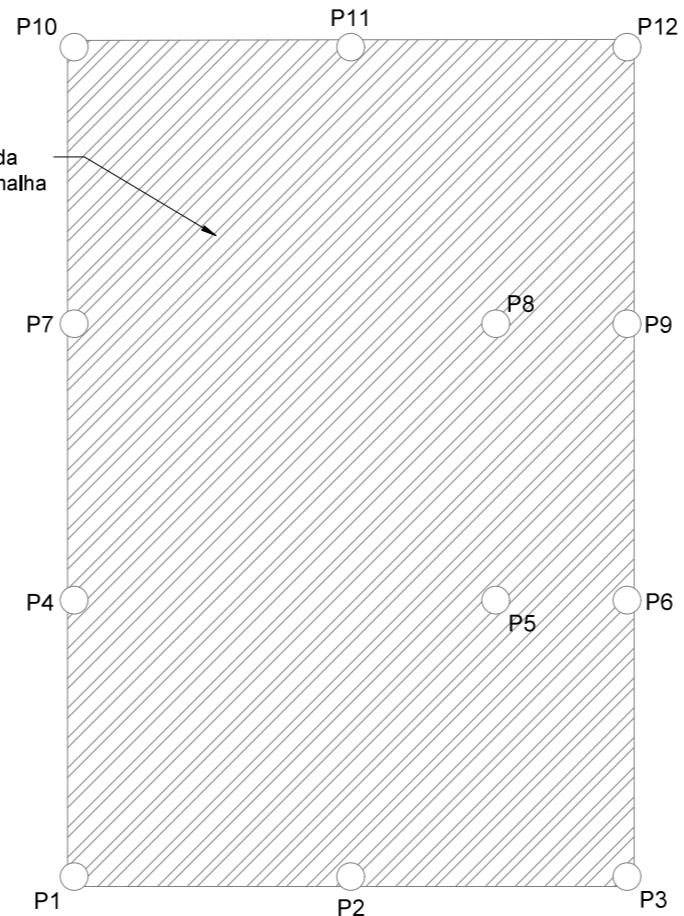


Imagem 3D 01



Placa de Concreto  
Cobertura  
escala 1:50

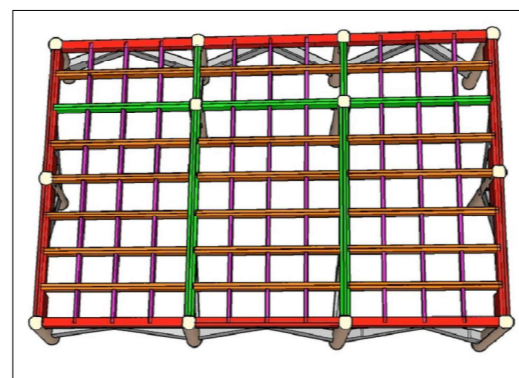


Imagem 3D 02

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portanta isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbonício S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- $f_yk = 635 \text{ MPa}$
- $f_{tk} = 825 \text{ MPa}$

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será continua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA I
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 ( $f_{ck} 20$ )
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética dos vértices que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras  $f_{ck} = 44,35 \text{ MPa}$
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras  $f_{vk} = 10,91 \text{ MPa}$
- Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
- Densidade aparente =  $1000 \text{ kg/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3$
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra:  
**RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto:  
**PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha:  
**Lajes Nervuradas - Placa de Concreto - Imagens**

Escala: Indicada | Data: 19/06/2023 | Desenhista: Bruno Urata | Arquivo do Projetista: -

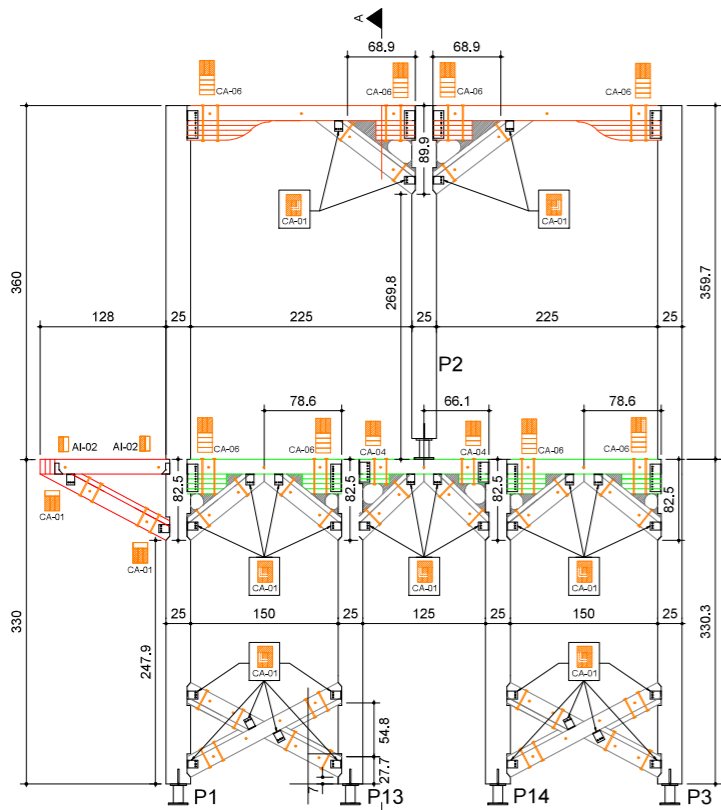
Projeta: Aluno Bruno Urata  
CREA/SC XXXXXX-X

Proprietário: Cliente fulano de tal  
CPF: 00.000.000/0000-00

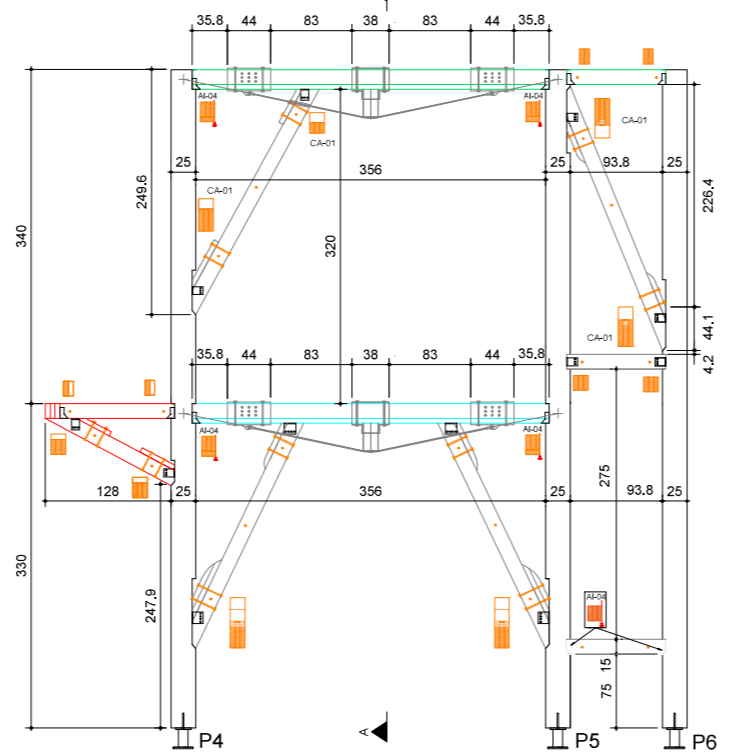
Fase do Projeto: Análise dos Professores

Folha: **05**

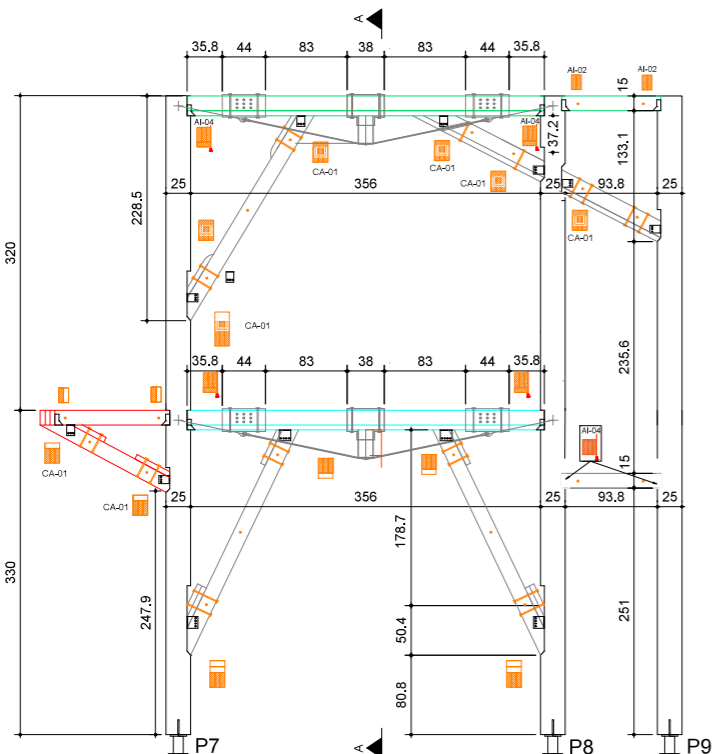
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA



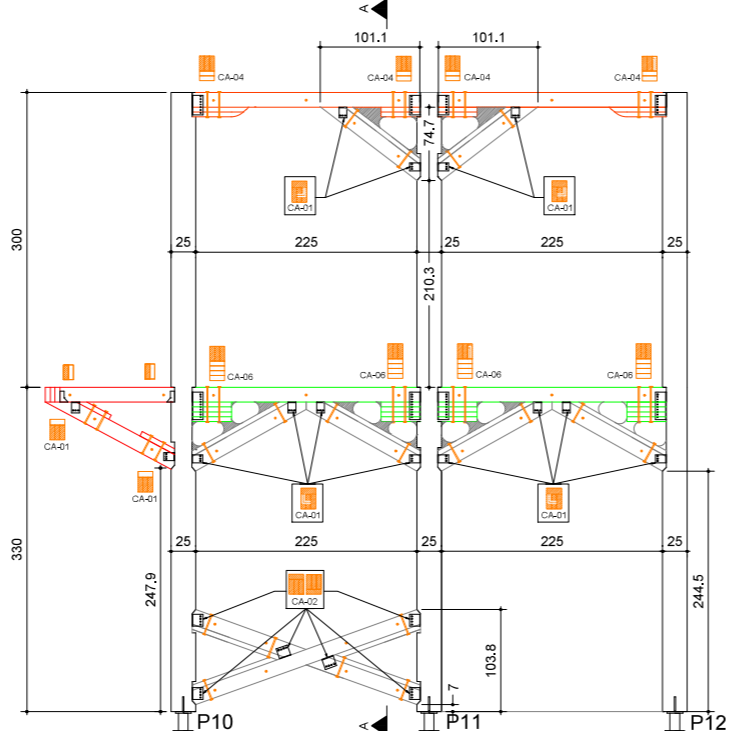
Pórtico da fachada norte  
escala 1:50



Pórtico interno P4 P5 P6  
escala 1:50



Pórtico interno P7 P8 P9  
escala 1:50



Pórtico da fachada sul  
escala 1:50

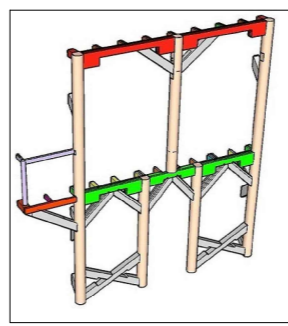


Imagem 3D 03

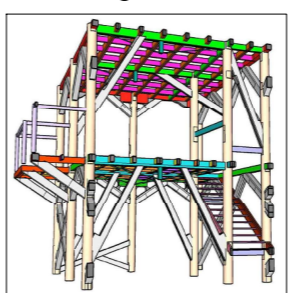


Imagem 3D 04

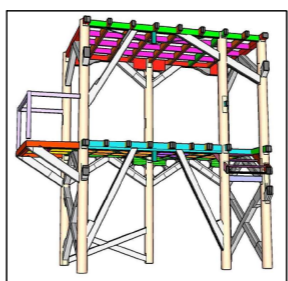


Imagem 3D 05

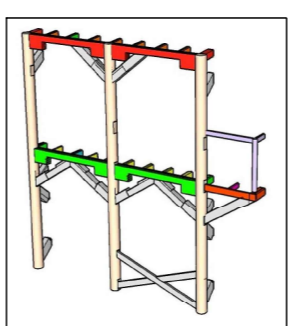


Imagem 3D 06

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autopurificantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carboníco S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- $f_yk = 635 \text{ MPa}$
- $f_{tk} = 825 \text{ MPa}$

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6.3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras  $f_{ck} = 44,35 \text{ MPa}$
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras  $f_{vk} = 10,91 \text{ MPa}$
- Valor médio do Módulo de Elasticidade  $15470,92 \text{ MPa}$
- Densidade aparente  $= 1000 \text{ kg/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3$
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

★ Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Emissão	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão		Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra:  
**RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto:  
**PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha:  
**Pórticos Direção Leste-Oeste - Imagens 3D**

Escala: Indicada Data: 19/06/2023 Desenhista: Bruno Urata Arquivo do Projetista: -

Fase do Projeto: Análise dos Professores

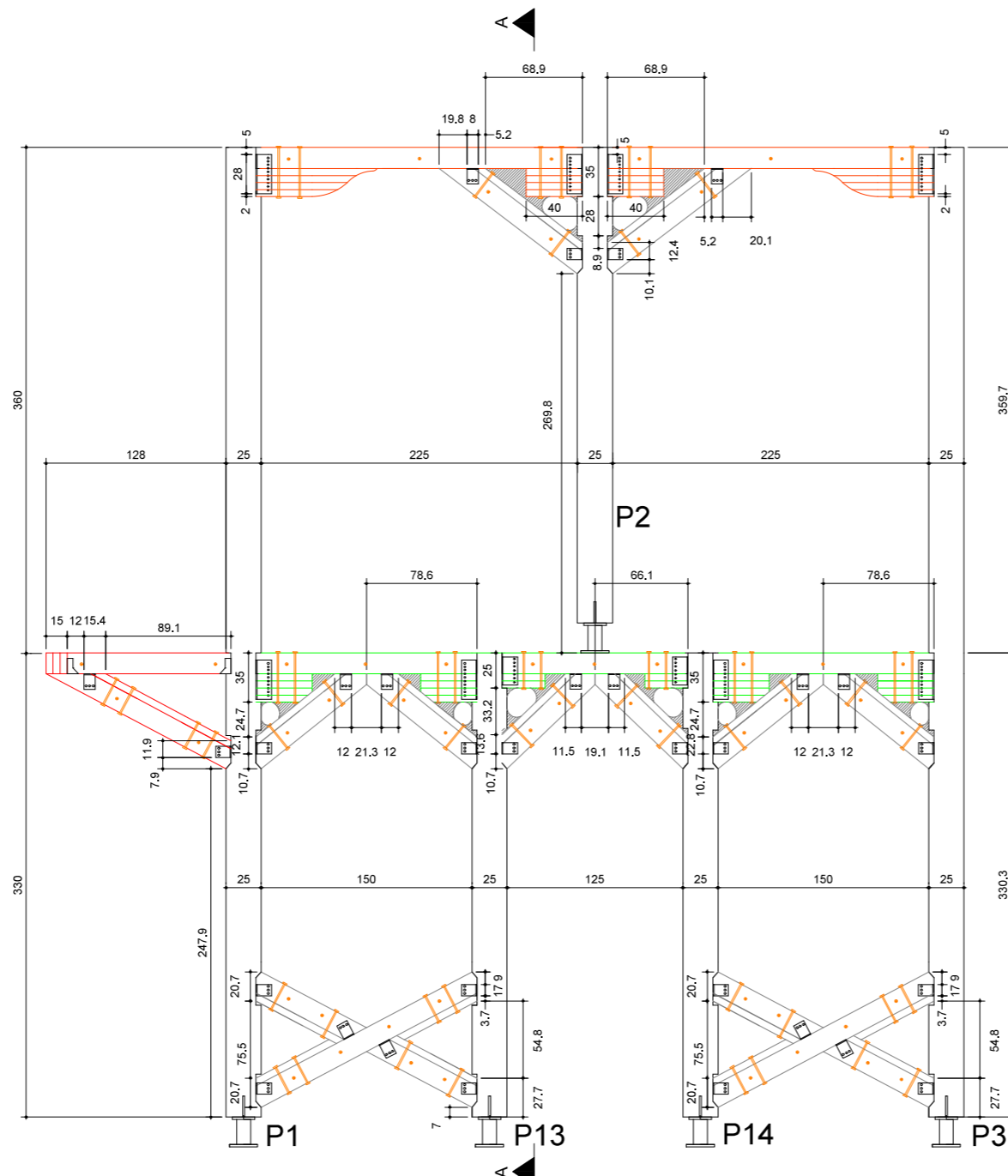
Folha: **06**

Aluno/Projetista:  
Aluno Bruno Urata  
CREA/SC XXXXXX-X

Proprietário:  
cliente fulano de tal  
CPF: 00.000.000/0000-00

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código	
Primárias	Borcas	Norte 01 P1-P2	VCPBN1
		Norte 02 P2-P1	VCPBN2
		Sul 01 P10-P11	VCPBS1
		Sul 02 P12-P12	VCPBS2
		Leste 01 P4-P4	VCPBL1
		Leste 02 P4-P7	VCPBL2
	Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
	Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
	Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
	Internas	1	VC1
		2	VC2
3		VC3	
Secundárias	P4 P5 P6	VCI P4P5	
	P7 P8 P9	VCI P7P8	
	P4 P5 P6	VCI P5P6	
Terciárias	sem clarboia	VCSSC	
	recebe clarboia	VCSSC	
	1	VC1	
	2	VC2	
	3	VC3	
Mão Francesa	recabe clarboia	VCTRC	
	P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
	P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
	P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
	P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
	P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
	Fachada Norte	CMFFN	
	Fachada Sul	CMFFS	
	Fachada Leste	CMFFL	
	Fachada Oeste	CMFFO	
Borcas	Norte 01 P1-P13	V2PBN1	
	Norte 02 P3-P14	V2PBN2	
	Norte 03 P14-P3	V2PBN3	
	Sul 01 P10-P11	V2PBS1	
	Sul 02 P11-P12	V2PBS2	
	Leste 01 P1-P4	V2PBL1	
	Leste 02 P4-P7	V2PBL2	
	Leste 03 P7-P10	V2PBL3	
	Oeste 01 P3-P5	V2PBO1	
	Oeste 02 P6-P9	V2PBO2	
	Oeste 03 P9-P12	V2PBO3	
	Internas	P5-Borda Norte	V2PPI P5BN
P5-P3		V2PPI P5P3	
P8-Borda Sul		V2PPI P8BS	
Pequenas (Vão da Escada)		V2PIP	
P4 P5 P6		V2PPI P4P5P6	
P7 P8 P9		V2PPI P7P8P9	
2,40m sem parede		V2PS2.4SP	
Especial 2.1		V2PSE2.1	
Especial 2.2		V2PSE2.2	
Especial 2.3		V2PSE2.3	
Secundárias	1,80m sem parede	V2PS1.8SP	
	1,80m com parede	V2PS1.8CP	
	Especial 1	V2PSE1	
	2,40 que recebe Especial 1	V2PS2.3RE1	
	10x15 2,40m parede esquerda	V2P2.4PE	
	10x15 2,40m parede direita	V2P2.4PD	
	10x15 2,40m com parede	V2P2.4CP	
	1	V2PT	
	2	V2PT	
	3	V2PT	
Terciárias	4	V2PT	
	5 - sem parede	V2PTSP	
	6 - com parede	V2PTSP	
	7 - com parede	V2PTSP	
	8 - com parede	V2PTSP	
	9	V2PT	
	10	V2PT	
	Mão Francesa	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6
		P7 P8 P9	2PMF P7P8P9
		Fachada Norte C	2PMFFNC
Fachada Norte P		2PMFFNP	
Fachada Norte Janela		2PMFFNJ	
Fachada Sul		2PMFFS	
Fachada Sul Janela		2PMFFSJ	
Fachada Leste Térreo MF sup		2PMFFL	
Fachada Leste Térreo cruz		2PMFFL CRUZ	
Fachada Oeste Térreo MF sup		2PMFFO	
Fachada Oeste Térreo cruz	2PMFFO CRUZ		
Varanda	MF VARANDA		
Escada	Degraus	D	
	1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
	2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
	3a vga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
Vitrines	Terciária	VVT	
	Secundária	VVS	
	Borda 1,30m	VBT	
Borda 2,40m	VBS		



# Pórtico da fachada norte escala 1:30

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portanta isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

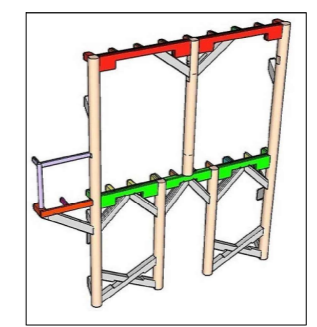


Imagem 3D 03

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fvk = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade E = 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilares das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Pórtico da fachada norte detalhado**

Escala: Indicada Data: 19/06/2023 Desenhista: Bruno Urata Arquivo do Projetista: -

Aluno/Projetista: **Aluno Bruno Urata CREA/SC XXXXXX-X**

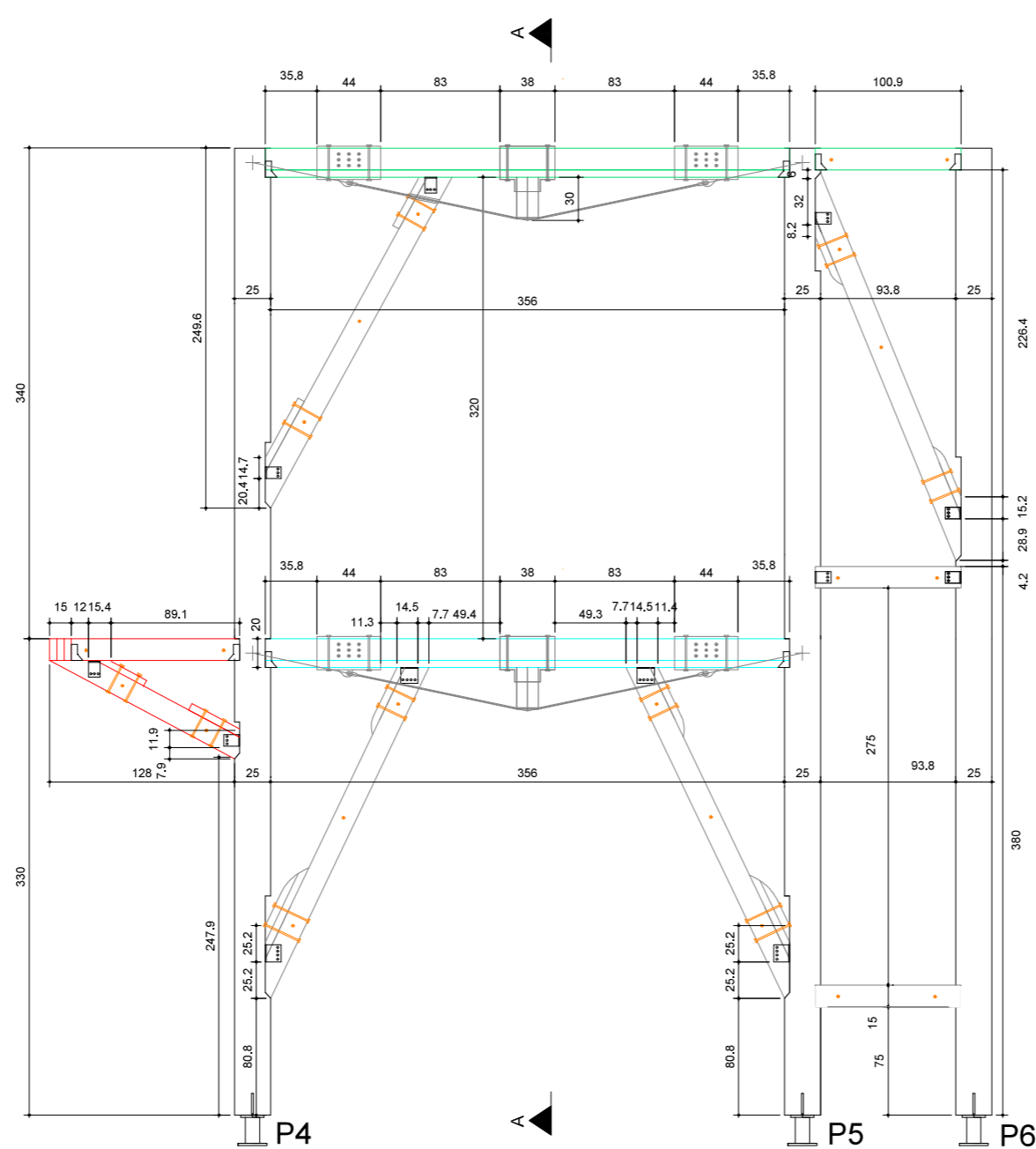
Proprietário: **cliente fulano de tal CNPJ: 00.000.000/0000-00**

Fase do Projeto: **Análise dos Professores**

Folha: **07**

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código	
Primárias	Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
	Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
	Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
	Sul 02 P12-P12	VCPBS2	
	Leste 01 P1-P4	VCPBL1	
	Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
	Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
	Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
	Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
	Secundárias	1	VCI1
		2	VCI2
		3	VCI3
		P4 P5 P6	VCI P4P5
P7 P8 P9		VCI P7P8	
P4 P5 P6		VCI P5P6	
P7 P8 P9		VCI P8P9	
sem clarboia		VCSSC	
recebe clarboia		VCSRC	
1		VTSC	
2			
3			
4			
5			
recabe clarboia	VCTRC		
Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
	P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
	P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
	P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
	P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
	Fachada Norte	CMFFN	
	Fachada Sul	CMFFS	
	Fachada Leste	CMFFL	
	Fachada Oeste	CMFFO	
	Norte 01 P1-P13	V2PPBN1	
Norte 02 P13-P14	V2PPBN2		
Norte 03 P14-P3	V2PPBN3		
Sul 01 P10-P11	V2PPBS1		
Sul 02 P11-P12	V2PPBS2		
Leste 01 P1-P4	V2PPBL1		
Leste 02 P4-P7	V2PPBL2		
Leste 03 P7-P10	V2PPBL3		
Oeste 01 P3-P5	V2PPBO1		
Oeste 02 P6-P9	V2PPBO2		
Oeste 03 P9-P12	V2PPBO3		
Internas	P5-Borda Norte	V2PPI P5BN	
	P5-P3	V2PPI P5P3	
	P8-Borda Sul	V2PPI P8BS	
	Pequenas (Vão da Escada)	V2PIP	
	P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6	
	P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9	
	2,40m sem parede	V2PS2 4SP	
	Especial 2.1	V2PSE2.1	
	Especial 2.2	V2PSE2.2	
	Especial 2.3	V2PSE2.3	
1,80m sem parede	V2P21 8SP		
1,80m com parede	V2P21 8CP		
Especial 1	V2PSE1		
2,40 que recabe Especial 1	V2PS2 3RE1		
10x15 2,40m parede esquerda	V2P2 4PE		
10x15 2,40m parede direita	V2P2 4PD		
10x15 2,40m com parede	V2P2 4CP		
Terciárias	1	V2PT	
	2		
	3		
	4		
	5 - sem parede		
	6 - com parede	V2PTSP	
	7 - com parede	V2PTSP	
	8 - com parede	V2PTSP	
	9	V2PT	
	10	V2PT	
Mão Francesa	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6	
	P7 P8 P9	2PMF P7P8P9	
	Fachada Norte P	2PMFFNP	
	Fachada Norte Janela	2PMFFNJ	
	Fachada Sul	2PMFFS	
	Fachada Sul Janela	2PMFFSJ	
	Fachada Leste Térreo MF sup	2PMFFL	
	Fachada Leste Térreo cruz	2PMFFL CRUZ	
	Fachada Oeste Térreo MF sup	2PMFFO	
	Fachada Oeste Térreo cruz Varanda	2PMFFO CRUZ MF VARANDA	
Escada	Degraus	D	
	1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
	2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
	3a vga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
Vigas	Terciária	VVT	
	Secundária	VVS	
	Borda 1,30m	VBT	
Borda 2,40m	VBS		



# Pórtico interno P4 P5 P6 escala 1:30

Modelos das Ligações Metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carboníco S235 com zincoagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

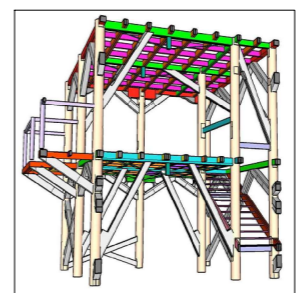


Imagem 3D 04

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética dos vértices que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Especie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal as fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal as fibras fvk = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilares das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotadas	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Pórtico interno P4 P5 P6 detalhado**

Escala: Indicada Data: 19/06/2023 Desenhista: Bruno Urata Arquivo do Projetista: -

Aluno/Projetista: **Aluno Bruno Urata CREA/SC XXXXXX-X**

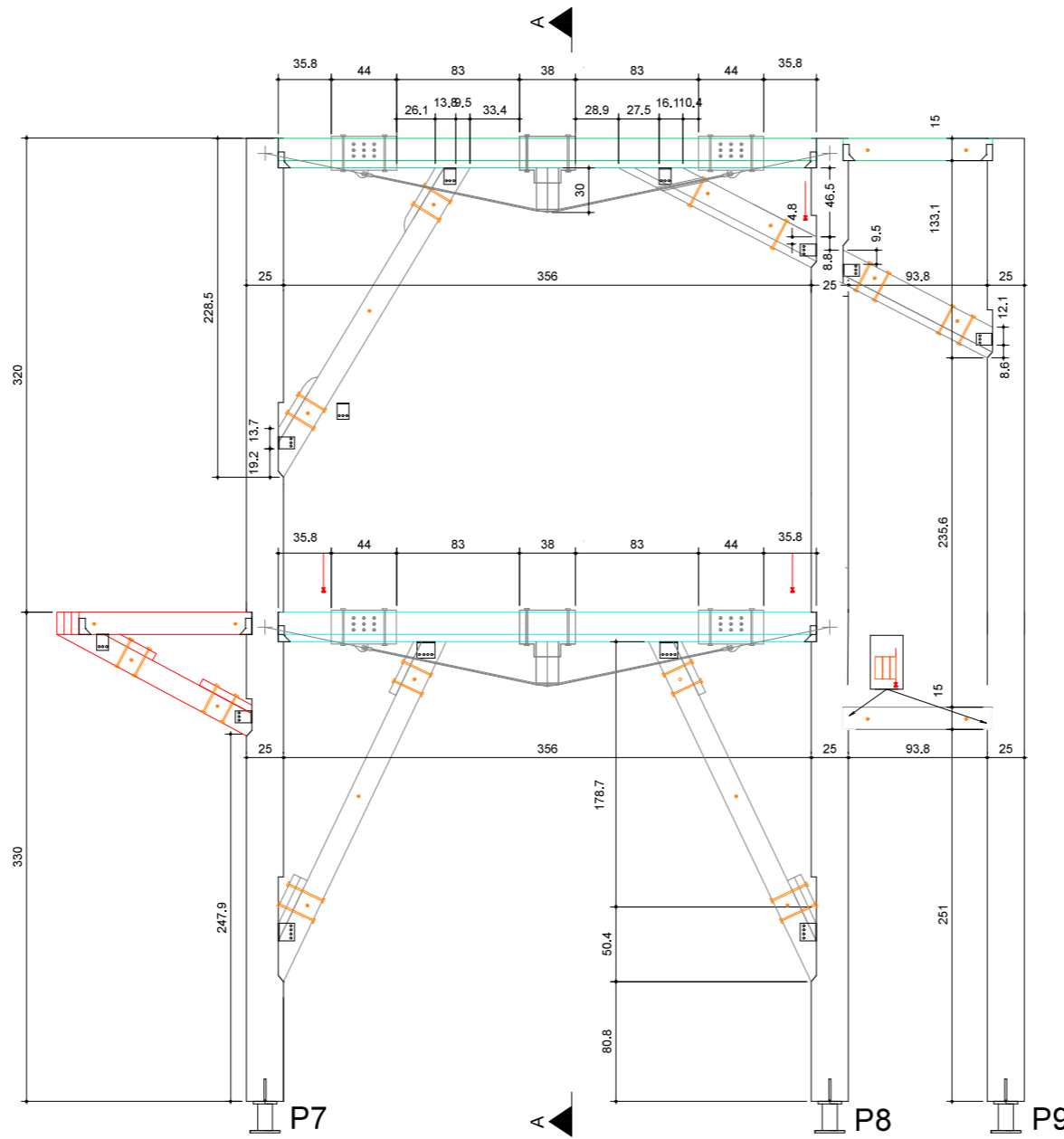
Proprietário: **cliente fulano de tal CNPJ: 00.000.000/0000-00**

Fase do Projeto: **Análise dos Professores**

Folha: **08**

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código	
Primárias	Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
	Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
	Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
	Sul 02 P12-P12	VCPBS2	
	Leste 01 P4-P4	VCPBL1	
	Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
	Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
	Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
	Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
	Secundárias	1	VC1
		2	VC2
		3	VC3
		P4 P5 P6	VCI P4P5
P7 P8 P9		VCI P7P8	
P4 P5 P6		VCI P5P6	
P7 P8 P9		VCI P8P9	
sem clarboia		VCSSC	
recebe clarboia		VCSRC	
1		VTSC	
2			
3			
4			
5			
recabe clarboia	VCTRC		
Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
	P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
	P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
	P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
	P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
	Fachada Norte	CMFFN	
	Fachada Sul	CMFFS	
	Fachada Leste	CMFFL	
	Fachada Oeste	CMFFO	
	Primárias	Norte 01 P1-P13	V2PPBN1
Norte 02 P13-P14		V2PPBN2	
Norte 03 P14-P13		V2PPBN3	
Sul 01 P10-P11		V2PPBS1	
Sul 02 P11-P12		V2PPBS2	
Leste 01 P1-P4		V2PPBL1	
Leste 02 P4-P7		V2PPBL2	
Leste 03 P7-P10		V2PPBL3	
Oeste 01 P3-P5		V2PPBO1	
Oeste 02 P6-P9		V2PPBO2	
Oeste 03 P9-P12		V2PPBO3	
Secundárias		P5-Borda Norte	V2PPI P5BN
		P5-P3	V2PPI P5P3
		P8-Borda Sul	V2PPI P8BS
	Pequenas (Vão da Escada)	V2PPIP	
	P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6	
	P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9	
	2,40m sem parede	V2PS2.4SP	
	Especial 2.1	V2PSE2.1	
	Especial 2.2	V2PSE2.2	
	Especial 2.3	V2PSE2.3	
1,80m sem parede	V2PS1.8SP		
1,80m com parede	V2PS1.8CP		
Especial 1	V2PSE1		
2,40 que recebe Especial 1	V2PS2.3RE1		
10x15 2,40m parede esquerda	V2P2.4PE		
10x15 2,40m parede direita	V2P2.4PD		
10x15 2,40m com parede	V2P2.4CP		
Terciárias	1	V2PT	
	2		
	3		
	4		
	5 - sem parede		
	6 - com parede	V2PTSP	
	7 - com parede	V2PTSP	
	8 - com parede	V2PTSP	
	9	V2PT	
	10		
Mão Francesa	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6	
	P7 P8 P9	2PMF P7P8P9	
	Fachada Norte C	2PMFFNC	
	Fachada Norte P	2PMFFNP	
	Fachada Norte Janela	2PMFFNJ	
	Fachada Sul	2PMFFS	
	Fachada Sul Janela	2PMFFSJ	
	Fachada Leste Térreo MF sup	2PMFFL	
	Fachada Leste Térreo cruz	2PMFFL CRUZ	
	Fachada Oeste Térreo MF sup	2PMFFO	
Fachada Oeste Térreo cruz	2PMFFO CRUZ		
Varanda	MF VARANDA		
Escada	Degraus	D	
	1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
	2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
	3a vga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
Vigas	Terciária	VVT	
	Secundária	VVS	
	Borda 1,30m	VBT	
Borda 2,40m	VBS		



# Pórtico interno P7 P8 P9 escala 1:30

Modelos das Ligações Metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portanta isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carboníco S235 com zincoagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

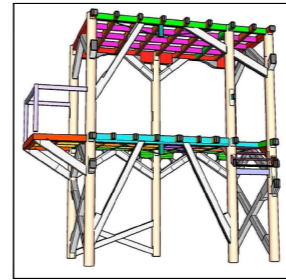


Imagem 3D 05

Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.</li> <li>Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.</li> <li>O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.</li> <li>Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.</li> <li>Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que provê maior distanciamento da ligação metálica.</li> <li>A bitola dos parafusos passantes de 10 mm</li> <li>parafusos passantes A325</li> <li>fyk = 635 MPa</li> <li>fuk = 825 MPa</li> </ul>

Detalhes sobre simbologia	
	Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
	Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

Detalhes sobre Placa de Concreto	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Placa de Concreto de 5 cm de espessura</li> <li>CAA 1</li> <li>Cobrimento mínimo 2 cm</li> <li>Concreto classe C20 (fck 20)</li> <li>Relação água cimento maior que 65%</li> <li>Malha POP Reforçada</li> <li>Aço CA-50</li> <li>Módulo de Elasticidade 210.000 MPa</li> <li>Malhas de 15x15 (cm)</li> <li>Bitola 6,3 mm</li> <li>Emenda/transpasse de 1 malha</li> </ul>

Observações Gerais	
-	A compatibilização estética dos vértices que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
-	A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
-	Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
-	Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

Informações Gerais da Madeira	
-	Espécie Eucalipto citiodora
-	Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
-	Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)	
-	Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
-	Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fvk = 10,91 MPa
-	Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
-	Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
-	Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)	
-	Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
-	As cintas de amarração devem respeitar o projeto
-	As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
-	Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
-	O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
-	O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilares das paredes deve possuir 15 cm
-	Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Crítérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
 Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Pórticos interno P7 P8 P9 detalhado**

Escala: Indicada | Data: 19/06/2023 | Desenhista: Bruno Urata | Arquivo do Projetista: -

Fase do Projeto: Análise dos Professores

Folha: **09**

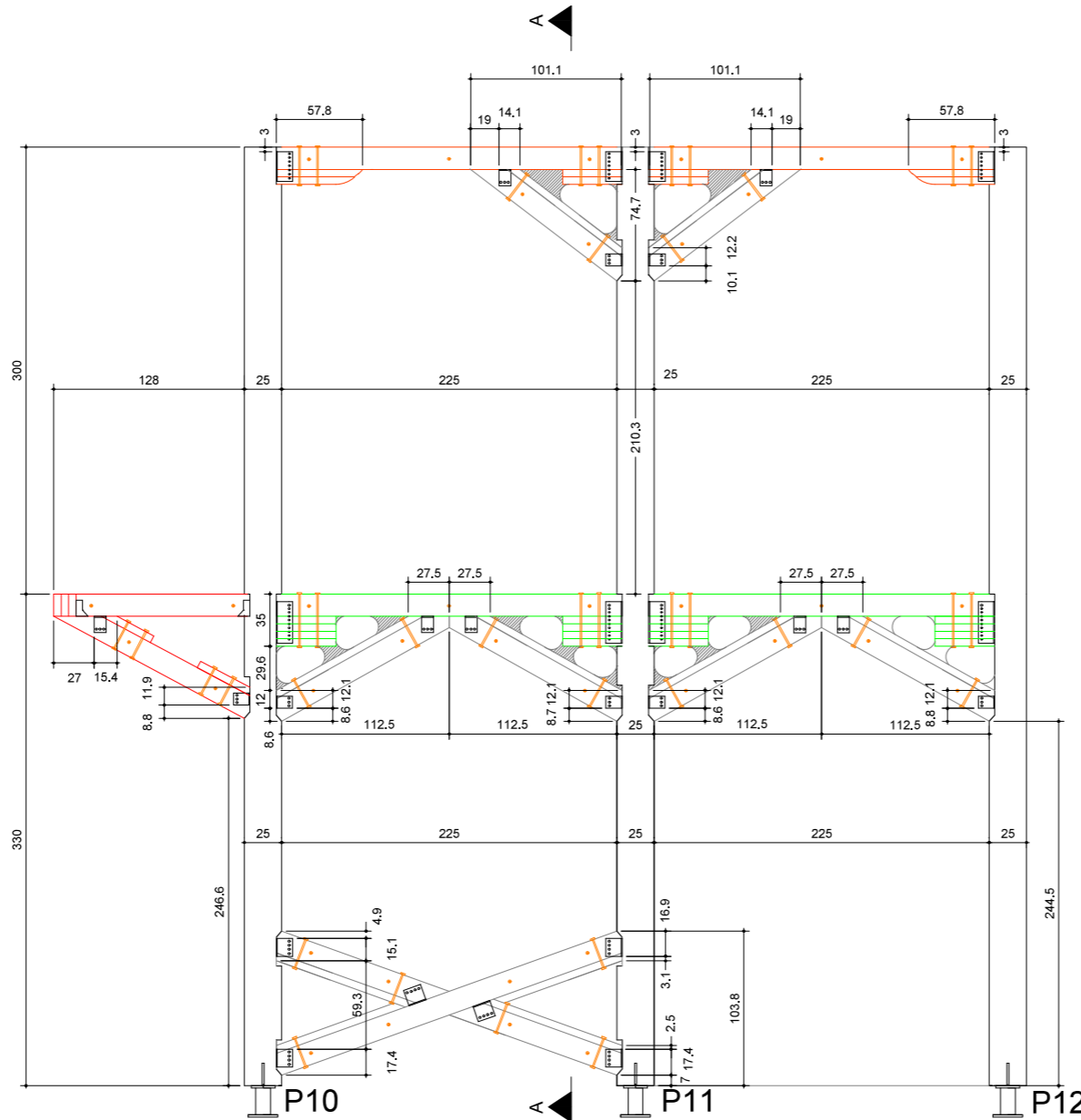
Aluno/Projetista: **Aluno Bruno Urata**  
 CREA/SC XXXXXX-X

Proprietário: **cliente fulano de tal**  
 CNPJ: 00.000.000/0000-00



Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código	
Primárias	Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
	Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
	Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
	Sul 02 P12-P12	VCPBS2	
	Leste 01 P1-P4	VCPBL1	
	Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
	Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
	Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
	Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
	Secundárias	1	VC1
		2	VC2
		3	VC3
		P4 P5 P6	VCI P4P5
P7 P8 P9		VCI P7P8	
P4 P5 P6		VCI P5P6	
P7 P8 P9		VCI P8P9	
sem clarboia		VCSSC	
recebe clarboia		VCSRC	
1		VTSC	
2			
3			
4			
5			
Mão Francesa	recabe clarboia	VCTRC	
	P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
	P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
	P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
	P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
	P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
	Fachada Norte	CMFFN	
	Fachada Sul	CMFFS	
	Fachada Leste	CMFFL	
	Fachada Oeste	CMFFO	
Primárias	Norte 01 P1-P13	V2PPN1	
	Norte 02 P13-P14	V2PPN2	
	Norte 03 P14-P3	V2PPN3	
	Sul 01 P10-P11	V2PPS1	
	Sul 02 P11-P12	V2PPS2	
	Leste 01 P1-P4	V2PPL1	
	Leste 02 P4-P7	V2PPL2	
	Leste 03 P7-P10	V2PPL3	
	Oeste 01 P3-P5	V2PPO1	
	Oeste 02 P6-P9	V2PPO2	
	Oeste 03 P9-P12	V2PPO3	
	Secundárias	P5-Borda Norte	V2PPI P5BN
		P5-P3	V2PPI P5P3
		P8-Borda Sul	V2PPI P8BS
Pequenas (Vão da Escada)		V2PPI P	
P4 P5 P6		V2PPI P4P5P6	
P7 P8 P9		V2PPI P7P8P9	
2,40m sem parede		V2PS2.4SP	
Especial 2.1		V2PSE2.1	
Especial 2.2		V2PSE2.2	
Especial 2.3		V2PSE2.3	
1,80m sem parede	V2PS1.8SP		
1,80m com parede	V2PS1.8CP		
Especial 1	V2PSE1		
2,40 que recebe Especial 1	V2PS2.3RE1		
10x15 2,40m parede esquerda	V2P2.4PE		
10x15 2,40m parede direita	V2P2.4PD		
10x15 2,40m com parede	V2P2.4CP		
Terciárias	1	V2PT	
	2		
	3		
	4		
	5 - sem parede		
	6 - com parede	V2PTSP	
	7 - com parede	V2PTSP	
	8 - com parede	V2PTSP	
	9	V2PT	
	10		
Mão Francesa	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6	
	P7 P8 P9	2PMF P7P8P9	
	Fachada Norte C	2PMFFNC	
	Fachada Norte P	2PMFFNP	
	Fachada Norte Janela	2PMFFNJ	
	Fachada Sul	2PMFFS	
	Fachada Sul Janela	2PMFFSJ	
	Fachada Leste Térreo MF sup	2PMFFL	
	Fachada Leste Térreo cruz	2PMFFL CRUZ	
	Fachada Oeste Térreo MF sup	2PMFFO	
Fachada Oeste Térreo cruz	2PMFFO CRUZ		
Varanda	MF VARANDA		
Estrada	Degraus	D	
	1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
	2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
	3a vga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
Vigências	Terciária	VVT	
	Secundária	VVS	
	Borda 1,30m	VBT	
Borda 2,40m	VBS		



# Pórtico da fachada sul escala 1:30

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portanta isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

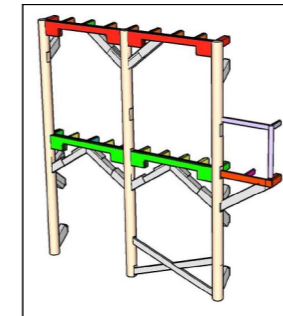


Imagem 3D 06

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Especie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fvk = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade E = 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilares das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Críticos de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Pórticos fachada sul detalhado**

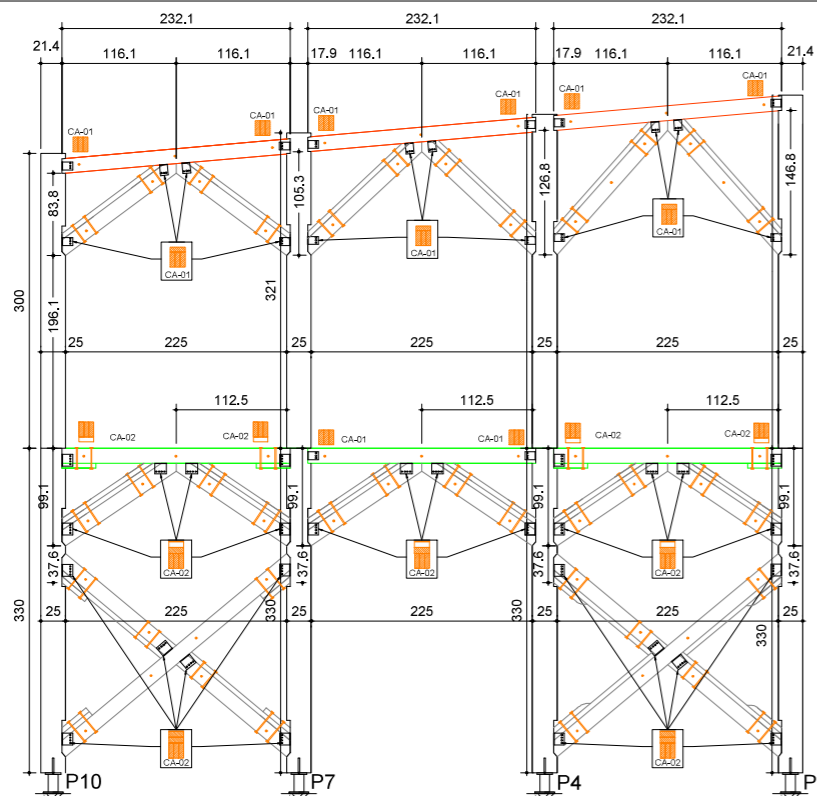
Escala: Indicada Data: 19/06/2023 Desenhista: Bruno Urata Arquivo do Projetista: -

Aluno/Projetista: **Aluno Bruno Urata**  
CREA/SC XXXXXX-X

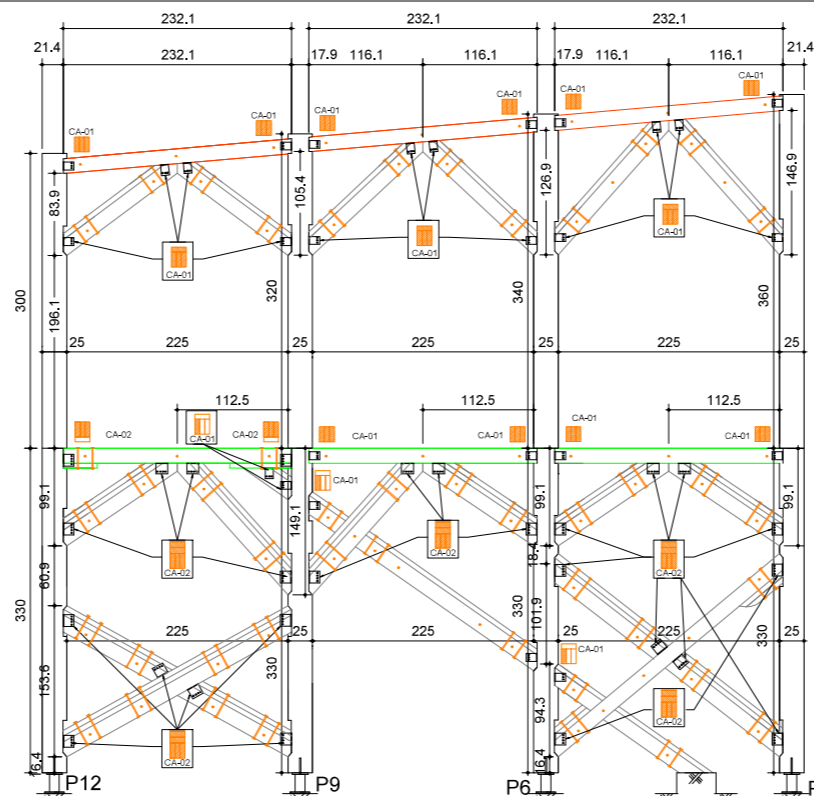
Proprietário: **cliente fulano de tal**  
CPF: 00.000.000/0000-00

Fase do Projeto: **Análise dos Professores**

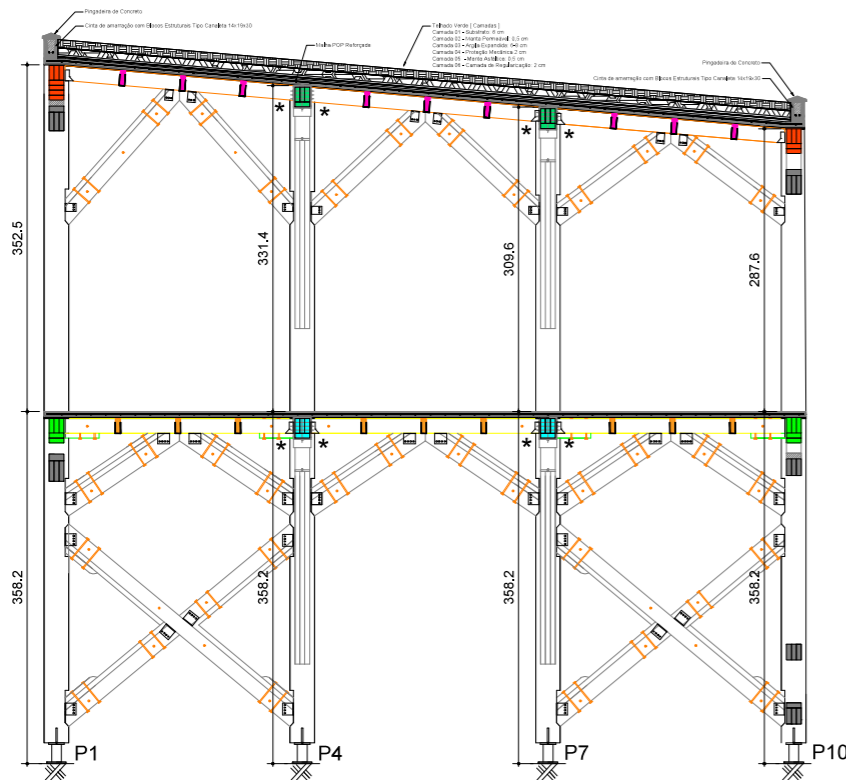
Folha: **10**



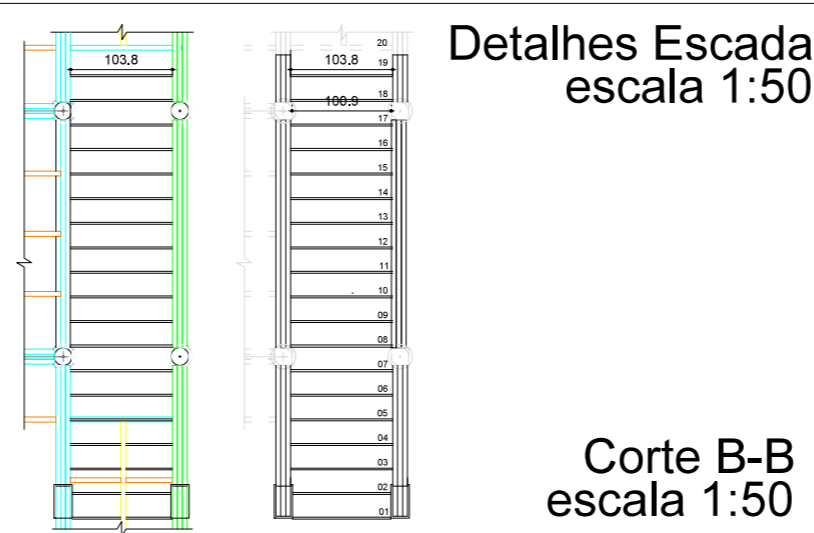
Pórtico fachada leste  
escala 1:50



Pórtico fachada oeste  
escala 1:50



Corte A-A  
escala 1:50



Corte B-B  
escala 1:50

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carboníco S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA-1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fvk = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade E = 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Critérios de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Pórticos Direção Norte-Sul - Cortes - Escada - Imagens 3D**

Escala: Indicada | Data: 19/06/2023 | Desenhista: Bruno Urata | Arquivo do Projetista: -

Fase do Projeto: Análise dos Professores

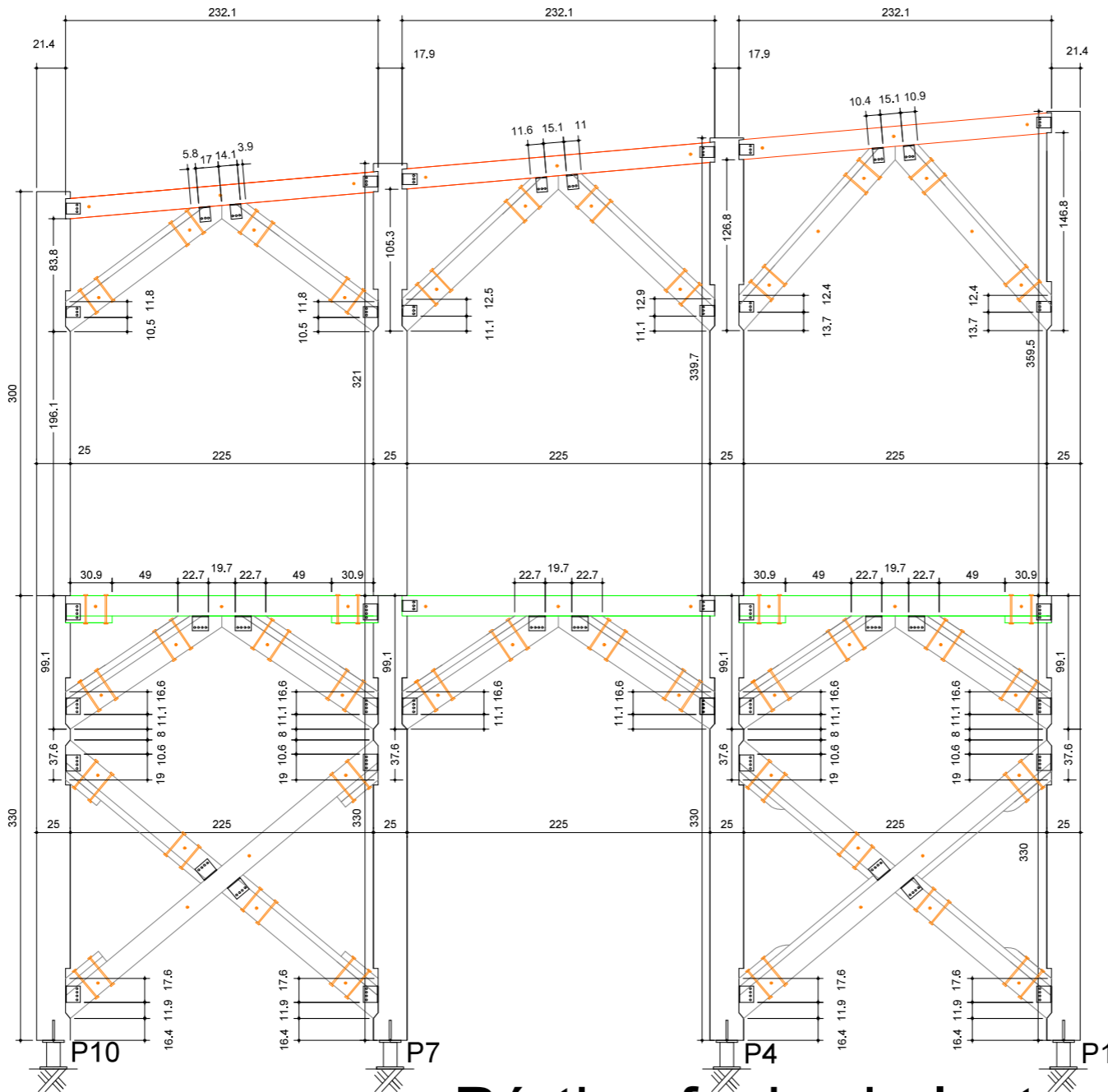
Folha: **11**

Projeta: Aluno Bruno Urata CREA/SC XXXXXX-X

Proprietário: cliente fulano de tal CNPJ: 00.000.000/0000-00

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código	
Primárias	Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
	Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
	Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
	Sul 02 P12-P12	VCPBS2	
	Leste 01 P1-P4	VCPBL1	
	Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
	Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
	Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
	Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
	Secundárias	1	VC1
		2	VC2
		3	VC3
		P4 P5 P6	VCI P4P5
P7 P8 P9		VCI P7P8	
P4 P5 P6		VCI P5P6	
P7 P8 P9		VCI P8P9	
sem clarboia		VCSSC	
recebe clarboia		VCSRC	
1		VTSC	
2			
3			
4			
5			
Mão Francesa	recebe clarboia	VCTRC	
	P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
	P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
	P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
	P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
	P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
	Fachada Norte	CMFFN	
	Fachada Sul	CMFFS	
	Fachada Leste	CMFFL	
	Fachada Oeste	CMFFO	
	Primárias	Norte 01 P1-P13	V2PBN1
		Norte 02 P13-P14	V2PBN2
		Norte 03 P14-P15	V2PBN3
		Sul 01 P10-P11	V2PBS1
Sul 02 P11-P12		V2PBS2	
Leste 01 P1-P4		V2PBL1	
Leste 02 P4-P7		V2PBL2	
Leste 03 P7-P10		V2PBL3	
Oeste 01 P3-P5		V2PBO1	
Oeste 02 P6-P9		V2PBO2	
Oeste 03 P9-P12		V2PBO3	
Secundárias		P5-Borda Norte	V2PPI P5BN
		P5-P9	V2PPI P5P9
		P8-Borda Sul	V2PPI P8BS
	Pequenas (Vão da Escada)	V2PPI P	
	P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6	
	P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9	
	2,40m sem parede	V2PSE2.4SP	
	Especial 2.1	V2PSE2.1	
	Especial 2.2	V2PSE2.2	
	Especial 2.3	V2PSE2.3	
	1,80m sem parede	V2P2.1.8SP	
	1,80m com parede	V2P2.1.8CP	
	Especial 1	V2PSE1	
	2,40 que recebe Especial 1	V2PSE2.3RE1	
10x15 2,40m parede esquerda	V2P2.4PE		
10x15 2,40m parede direita	V2P2.4PD		
10x15 2,40m com parede	V2P2.4CP		
Terciárias	1	V2PT	
	2		
	3		
	4		
	5 - sem parede	V2PTSP	
	6 - com parede	V2PTSP	
	7 - com parede	V2PTSP	
	8 - com parede	V2PTSP	
	9	V2PT	
	10		
	Mão Francesa	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6
		P7 P8 P9	2PMF P7P8P9
		Fachada Norte C	2PMFFNC
		Fachada Norte P	2PMFFNP
Fachada Norte Janela		2PMFFNJ	
Fachada Sul		2PMFFS	
Fachada Sul Janela		2PMFFSJ	
Fachada Leste Térreo MF sup		2PMFFL	
Fachada Leste Térreo cruz		2PMFFL CRUZ	
Fachada Oeste Térreo MF sup		2PMFFO	
Fachada Oeste Térreo cruz		2PMFFO CRUZ	
Varanda		MF VARANDA	
Escada		Degraus	D
		1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)
	2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
	3a vga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
Vigas	Terciária	VVT	
	Secundária	VVS	
	Borda 1,30m	VBT	
Borda 2,40m	VBS		



# Pórtico fachada leste escala 1:30

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autopurificantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portanta isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.</li> <li>Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.</li> <li>O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.</li> <li>Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.</li> <li>Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que provê maior distanciamento da ligação metálica.</li> <li>A bitola dos parafusos passantes de 10 mm</li> <li>parafusos passantes A325</li> <li>fyk = 635 MPa</li> <li>fuk = 825 MPa</li> </ul>

Detalhes sobre simbologia	
	Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
	Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

Detalhes sobre Placa de Concreto	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Placa de Concreto de 5 cm de espessura</li> <li>CAA 1</li> <li>Cobrimento mínimo 2 cm</li> <li>Concreto classe C20 (fck 20)</li> <li>Relação água cimento maior que 65%</li> <li>Malha POP Reforçada</li> <li>Aço CA-50</li> <li>Módulo de Elasticidade 210.000 MPa</li> <li>Malhas de 15x15 (cm)</li> <li>Bitola 6,3 mm</li> <li>Emenda/transpasse de 1 malha</li> </ul>

Observações Gerais	
	A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
	A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
	Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
	Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

Informações Gerais da Madeira	
	Especie Eucalipto citiodora
	Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
	Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)	
	Resistência característica à Compressão Normal as fibras fck = 44,35 MPa
	Resistência característica ao Cisalhamento Normal as fibras fvk = 10,91 MPa
	Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
	Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
	Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)	
	Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
	As cintas de amarração devem respeitar o projeto
	As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
	Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
	O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
	O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm.
	Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotadas	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Críticos de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
 Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Pórticos fachada leste detalhado**

Escala: Indicada | Data: 19/06/2023 | Desenhista: Bruno Urata | Arquivo do Projetista: -

Fase do Projeto: Análise dos Professores

Folha: **12**

Proprietário: \_\_\_\_\_

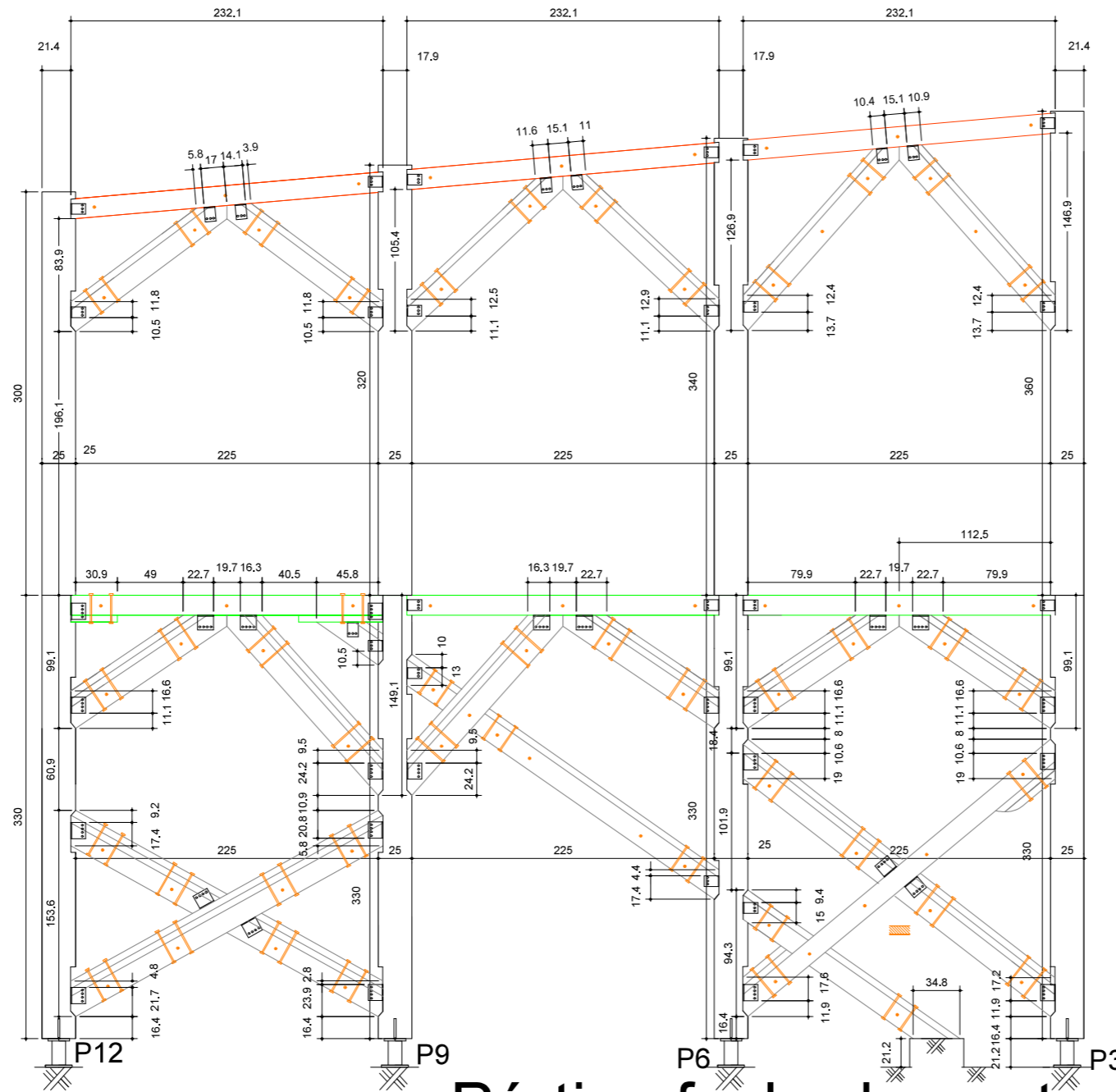
Projeto: \_\_\_\_\_

Aluno Bruno Urata  
 CREA/SC XXXXXX-X

cliente fulano de tal  
 CNPJ: 00.000.000/0000-00

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código
<b>Primárias</b>		
<b>Borcas</b>		
Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
Sul 02 P12-P13	VCPBS2	
Leste 01 P1-P4	VCPBL1	
Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
<b>Internas</b>		
1	VCI1	
2	VCI2	
3	VCI3	
P4 P5 P6	VCI P4P5	
P7 P8 P9	VCI P7P8	
P4 P5 P6	VCI P5P6	
P7 P8 P9	VCI P8P9	
<b>Secundárias</b>		
sem claraboia	VCSSC	
recebe claraboia	VCSRC	
<b>Terciárias</b>		
1	VCT1	
2	VCT2	
3	VCT3	
4	VCT4	
5	VCT5	
<b>Mão-Franca</b>		
recebe claraboia	VCTRC	
P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
Fachada Norte	CMFFN	
Fachada Sul	CMFFS	
Fachada Leste	CMFFL	
Fachada Oeste	CMFFO	
<b>Primárias</b>		
<b>Borcas</b>		
Norte 01 P1-P3	V2PBN1	
Norte 02 P3-P4	V2PBN2	
Norte 03 P4-P5	V2PBN3	
Sul 01 P10-P11	V2PBS1	
Sul 02 P11-P12	V2PBS2	
Leste 01 P1-P4	V2PBL1	
Leste 02 P4-P7	V2PBL2	
Leste 03 P7-P10	V2PBL3	
Oeste 01 P3-P5	V2PBO1	
Oeste 02 P6-P9	V2PBO2	
Oeste 03 P9-P12	V2PBO3	
<b>Internas</b>		
P5-Borda Norte	V2PPI P5BN	
P5-P9	V2PPI P5P9	
P8-Borda Sul	V2PPI P8BS	
Pequenas (Vão da Escada)	V2PPI	
P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6	
P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9	
<b>Secundárias</b>		
2,40m sem parede	V2PS2 4SP	
Especial 2.1	V2PS2 2.1	
Especial 2.2	V2PS2 2.2	
Especial 2.3	V2PS2 2.3	
1,80m sem parede	V2PS1 8SP	
1,80m com parede	V2PS1 8CP	
Especial 1	V2PS1	
2,40 que recebe Especial 1	V2PS2 3RE1	
10x15 2,40m parede esquerda	V2P2 4PE	
10x16 2,40m parede direita	V2P2 4PD	
10x15 2,40m com parede	V2P2 4CP	
<b>Terciárias</b>		
1	V2PT	
2	V2PT	
3	V2PT	
4	V2PT	
5 - sem parede	V2PTSP	
6 - com parede	V2PTSP	
7 - com parede	V2PTSP	
8 - com parede	V2PTSP	
9	V2PT	
10	V2PT	
<b>Mão-Franca</b>		
P4 P5 P6	2PMF P4P5P6	
P7 P8 P9	2PMF P7P8P9	
Fachada Norte C	2PMFFNC	
Fachada Norte P	2PMFFNP	
Fachada Norte Janela	2PMFFNJ	
Fachada Sul	2PMFFS	
Fachada Sul Janela	2PMFFSJ	
Fachada Leste Térreo MF sup	2PMFFL	
Fachada Leste Térreo cruz	2PMFFL CRUZ	
Fachada Oeste Térreo MF sup	2PMFFO	
Fachada Oeste Térreo cruz	2PMFFO CRUZ	
Varanda	MF VARANDA	
<b>Escada</b>		
Degraus	D	
1a vga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
2a vga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
3a vga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
Terciária	VVT	
Secundária	VVS	
Borda 1.30m	VBT	
Borda 2.40m	VBO	



## Pórtico fachada oeste escala 1:30

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que provê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6,3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3,5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal as fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal as fibras fv0k = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilares das paredes deve possuir 15 cm.
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode-se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Críticos de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Pórticos fachada oeste detalhado**

Escala: Indicada Data: 19/06/2023 Desenhista: Bruno Urata Arquivo do Projetista: -

Projeta: **Aluno Bruno Urata**  
CREA/SC XXXXXX-X

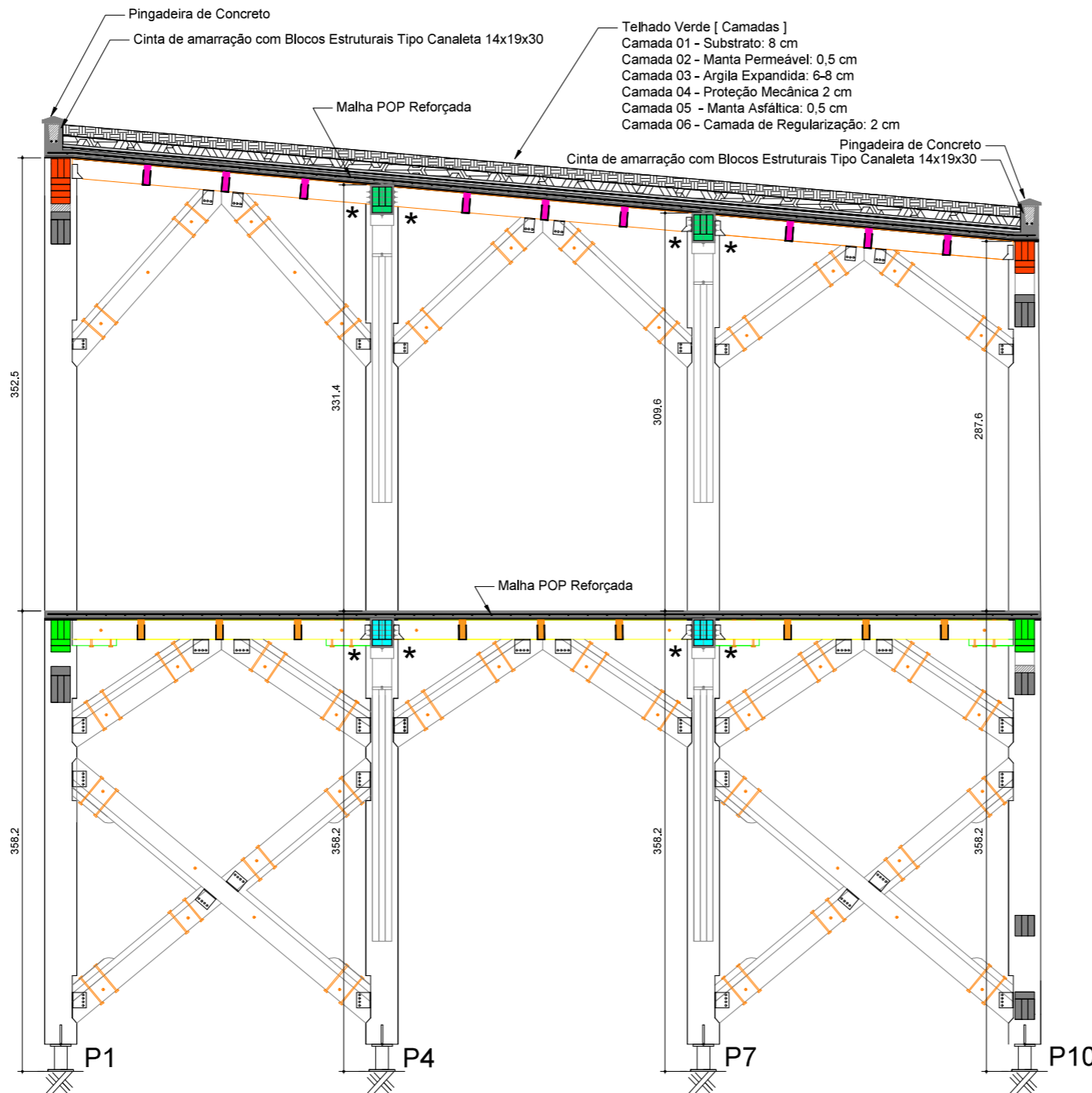
Fase do Projeto: **Análise dos Professores**

Folha: **13**

Proprietário: **cliente fulano de tal**  
CNPJ: 00.000.000/0000-00

Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas		Código	
Primárias	Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
	Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
	Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
	Sul 02 P12-P12	VCPBS2	
	Leste 01 P1-P4	VCPBL1	
	Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
	Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
	Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
	Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
	Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
	Internas	1	VCI1
		2	VCI2
3		VCI3	
Secundárias	P4 P5 P6	VCI P4P5	
	P7 P8 P9	VCI P7P8	
	P4 P5 P6	VCI P5P6	
Terciárias	sem clarboia	VCSSC	
	recebe clarboia	VCSRC	
	1	VC1	
	2	VC2	
	3	VC3	
Mão Francesa	P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
	P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
	P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
	P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
	P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
	Fachada Norte	CMFFN	
	Fachada Sul	CMFFS	
	Fachada Leste	CMFFL	
	Fachada Oeste	CMFFO	
	Primárias	Norte 01 P1-P13	V2PBN1
Norte 02 P13-P14		V2PBN2	
Norte 03 P14-P15		V2PBN3	
Sul 01 P10-P11		V2PBS1	
Sul 02 P11-P12		V2PBS2	
Leste 01 P1-P4		V2PBL1	
Leste 02 P4-P7		V2PBL2	
Leste 03 P7-P10		V2PBL3	
Oeste 01 P3-P5		V2PBO1	
Oeste 02 P6-P9		V2PBO2	
Oeste 03 P9-P12		V2PBO3	
Internas		P5-Borda Norte	V2PPI P5BN
	P5-P9	V2PPI P5P9	
	P8-Borda Sul	V2PPI P8BS	
Secundárias	Pequenas (Vão da Escada)	V2PPI	
	P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6	
	P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9	
	2,40m sem parede	V2PS2.4SP	
	Especial 2.1	V2PSE2.1	
Terciárias	Especial 2.2	V2PSE2.2	
	Especial 2.3	V2PSE2.3	
	1,80m sem parede	V2PS1.8SP	
	1,80m com parede	V2PS1.8CP	
	Especial 1	V2PSE1	
	2,40 que recebe Especial 1	V2PS2.3RE1	
	10x15 2,40m parede esquerda	V2P2.4PE	
	10x15 2,40m parede direita	V2P2.4PD	
	10x15 2,40m com parede	V2P2.4CP	
	1	V2PT	
Mão Francesa	2	V2PT	
	3	V2PT	
	4	V2PT	
	5 - sem parede	V2PTSP	
	6 - com parede	V2PTSP	
	7 - com parede	V2PTSP	
	8 - com parede	V2PTSP	
	9	V2PT	
	10	V2PT	
	Estrada	P4 P5 P6	2PMF P4P5P6
P7 P8 P9		2PMF P7P8P9	
Fachada Norte O		2PMFFNO	
Fachada Norte P		2PMFFNP	
Fachada Norte Janela		2PMFFNJ	
Fachada Sul		2PMFFS	
Fachada Sul Janela		2PMFFSJ	
Fachada Leste Térreo MF sup		2PMFFL	
Fachada Leste Térreo cruz		2PMFFL CRUZ	
Fachada Oeste Térreo MF sup		2PMFFO	
Fachada Oeste Térreo cruz	2PMFFO CRUZ		
Varanda	MF VARANDA		
Degraus	D		
1a viga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)		
2a viga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)		
3a viga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)		
Terciária	VVT		
Secundária	VVS		
Borda 1,30m	VBT		
Borda 2,40m	VBS		



**Corte A-A**  
escala 1:30

Modelos das Ligações metálicas	
Cavilhas autoperfurantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbonício S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que prevê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- fyk = 635 MPa
- fuk = 825 MPa

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 (fck 20)
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6.3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética dos vértices que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3.5 cm de profundidade.
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Espécie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras fck = 44,35 MPa
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras fv0k = 10,91 MPa
- Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
- Densidade aparente = 1000kg/m³ = 10 kN/m³
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm.
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Críticos de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Corte A-A**

Escala: Indicada Data: 19/06/2023 Desenhista: Bruno Urata Arquivo do Projetista: -


Fase do Projeto: **Análise dos Professores**

Folha: **14**

Proprietário: \_\_\_\_\_

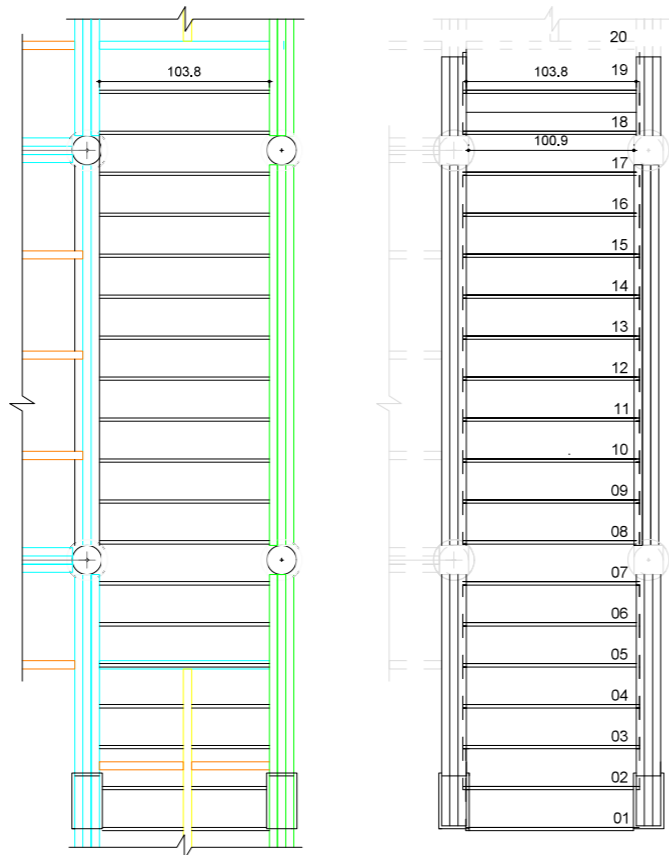
Aluno Bruno Urata  
CREA/SC XXXXXX-X

cliente fulano de tal  
CNPJ: 00.000.000/0000-00

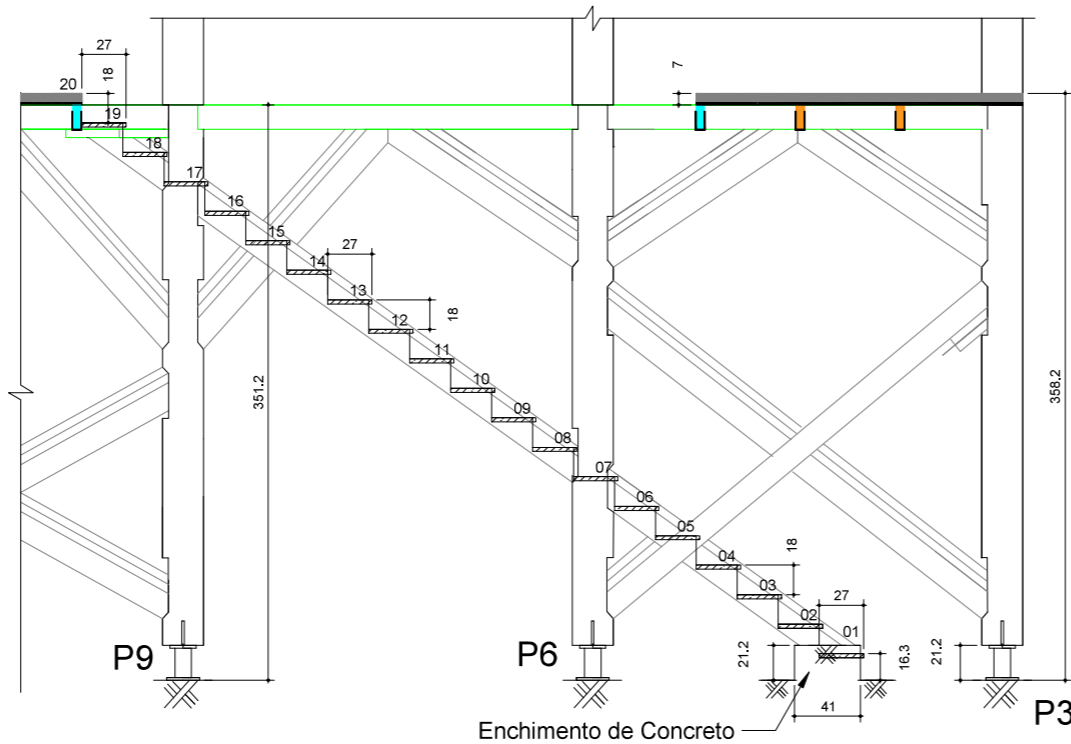


Pilares	Comprimento (m)
P1	6,9
P2	3,6
P3	6,9
P4	6,7
P5	6,7
P6	6,7
P7	6,5
P8	6,5
P9	6,5
P10	6,3
P11	6,3
P12	6,3
P13	3,3
P14	3,3

Vigas	Código	
	Primeiras	Secundárias
Primeiras		
Borcas		
Norte 01 P1-P2	VCPBN1	
Norte 02 P2-P3	VCPBN2	
Sul 01 P10-P11	VCPBS1	
Sul 02 P12-P12	VCPBS2	
Leste 01 P1-P4	VCPBL1	
Leste 02 P4-P7	VCPBL2	
Leste 03 P7-P10	VCPBL3	
Oeste 01 P3-P5	VCPBO1	
Oeste 02 P6-P9	VCPBO2	
Oeste 03 P9-P12	VCPBO3	
Internas		
1	VCI1	
2	VCI2	
3	VCI3	
P4 P5 P6	VCI P4P5	
P7 P8 P9	VCI P7P8	
P4 P5 P6	VCI P5P6	
P7 P8 P9	VCI P8P9	
Secundárias		
sem clarboia	VCSSC	
recebe clarboia	VCSSC	
Terciárias		
1	VTSC	
2		
3		
4		
5		
Mão Francesas		
P4 P5 P6 direita	CMF P4P5P6 D	
P4 P5 P6 esquerda	CMF P4P5P6 E	
P7 P8 P9 esquerda	CMF P7P8P9 E	
P7 P8 P9 direita 01	CMF P7P8P9 D1	
P7 P8 P9 direita 02	CMF P7P8P9 D2	
Fachada Norte	CMFFN	
Fachada Sul	CMFFS	
Fachada Leste	CMFFL	
Fachada Oeste	CMFFO	
Primeiras		
Borcas		
Norte 01 P1-P13	V2PPBN1	
Norte 02 P13-P14	V2PPBN2	
Norte 03 P14-P3	V2PPBN3	
Sul 01 P10-P11	V2PPBS1	
Sul 02 P11-P12	V2PPBS2	
Leste 01 P1-P4	V2PPBL1	
Leste 02 P4-P7	V2PPBL2	
Leste 03 P7-P10	V2PPBL3	
Oeste 01 P3-P5	V2PPBO1	
Oeste 02 P6-P9	V2PPBO2	
Oeste 03 P9-P12	V2PPBO3	
Internas		
P5-Borda Norte	V2PPI P5BN	
P5-P3	V2PPI P5P3	
P8-Borda Sul	V2PPI P8BS	
Pequenas (Vão da Escada)	V2PPIP	
P4 P5 P6	V2PPI P4P5P6	
P7 P8 P9	V2PPI P7P8P9	
Secundárias		
2,40m sem parede	V2PS2.4SP	
Especial 2.1	V2PSE2.1	
Especial 2.2	V2PSE2.2	
Especial 2.3	V2PSE2.3	
1,80m sem parede	V2P21.8SP	
1,80m com parede	V2PS1.8CP	
Especial 1	V2PSE1	
2,40 que recebe Especial 1	V2PS2.3RE1	
10x15 2,40m parede esquerda	V2P2.4PE	
10x15 2,40m parede direita	V2P2.4PD	
10x15 2,40m com parede	V2P2.4CP	
Terciárias		
1	V2PT	
2		
3		
4		
5 - sem parede		
6 - com parede	V2PTSP	
7 - com parede	V2PTSP	
8 - com parede	V2PTSP	
9	V2PT	
10		
Mão Francesas		
P4 P5 P6	2PMF P4P5P6	
P7 P8 P9	2PMF P7P8P9	
Fachada Norte C	2PMFFNC	
Fachada Norte P	2PMFFNP	
Fachada Norte Janela	2PMFFNJ	
Fachada Sul	2PMFFS	
Fachada Sul Janela	2PMFFSJ	
Fachada Leste Térreo MF sup	2PMFFL	
Fachada Leste Térreo cruz	2PMFFL CRUZ	
Fachada Oeste Térreo MF sup	2PMFFO	
Fachada Oeste Térreo cruz	2PMFFO CRUZ	
Varanda	MF VARANDA	
Escada		
Degraus	D	
1a viga (baixo pra cima)	VE 1 (E.D)	
2a viga (baixo pra cima)	VE 2 (E.D)	
3a viga (baixo pra cima)	VE 3 (E.D)	
Vigas		
Terciária	VVT	
Secundária	VVS	
Borda 1.30m	VBP	
Borda 2.40m	VBS	



## Detalhes Escada escala 1:30



## Corte B-B escala 1:30

Modelos das ligações metálicas	
Cavilhas autopercutantes SBD	Estribos metálicos com asa interna
CA-01 120*120	AI-01 40*110
CA-02 120*160	AI-02 100*110
CA-03 120*200	AI-03 100*140
CA-04 120*240	AI-04 140*140
CA-05 120*280	AI-05 120*160
CA-06 120*320	

Liga de alumínio EN AW-6005A de alta resistência produzida para extrusão e portante isenta de soldaduras.

Porta Pilar 160\*160 Aço carbônico S235 com zincagem a quente EN 1995-1-1 (2004)

**Detalhes sobre parafusos passantes para uso comum**

- A simbologia ao lado representa um conjunto de parafusos passantes que tem como função unir peças de madeira. São as ligações comuns.
- Parafusos passantes na mesma direção devem sempre ter um distanciamento mínimo de 15 cm.
- O parafuso passante na direção perpendicular, deve ficar centralizado entre os outros dois parafusos anteriores.
- Em vigas horizontais, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm.
- Em vigas inclinadas, o distanciamento do conjunto de parafusos passantes deve ter um distanciamento mínimo da borda de 15 cm, sendo medido do ponto de contato com o pilar que provê maior distanciamento da ligação metálica.
- A bitola dos parafusos passantes de 10 mm
- parafusos passantes A325
- $f_yk = 635 \text{ MPa}$
- $f_{tk} = 825 \text{ MPa}$

**Detalhes sobre simbologia**

- Seções 5 x 15 cm hachuradas significam que a peça será contínua por toda a sua extensão.
- Seções 5 x 15 cm não hachuradas são trechos que não se estendem de ponta à ponta. Para verificar, conferir outras pranchas, com vista diferentes.

**Detalhes sobre Placa de Concreto**

- Placa de Concreto de 5 cm de espessura
- CAA 1
- Cobrimento mínimo 2 cm
- Concreto classe C20 ( $f_{ck} 20$ )
- Relação água cimento maior que 65%
- Malha POP Reforçada
- Aço CA-50
- Módulo de Elasticidade 210.000 MPa
- Malhas de 15x15 (cm)
- Bitola 6.3 mm
- Emenda/transpasse de 1 malha

**Observações Gerais**

- A compatibilização estética do vértice que possuem múltiplas ligações adjacentes à mesma será feita artesanalmente com restos de madeira de obra.
- A compatibilização estética das ligações das fachadas norte e sul, nas vigas da cobertura serão feitas artesanalmente, tendo como guia as dimensões do desenho.
- Todos os entalhes terão 3.5 cm de profundidade
- Os entalhes de elementos inclinados deverão fazer um ângulo reto entre a superfície superior ou inferior (a depender do caso) com a superfície inclinada do entalhe.

**Informações Gerais da Madeira**

- Especie Eucalipto citiodora
- Pilares em madeira roliça não redimensionada com diâmetro equivalente de 25 cm
- Vigas, mãos francesas e contraventamentos em madeira serrada. Todas as dimensões serão compostas isoladamente e/ou peças compostas por elementos com seção de 5x15 cm, unidas por parafusos passantes de diâmetro de 10 mm.

**Informações Técnicas da Madeira na Condição Padrão de Umidade (U=12%)**

- Resistência característica à Compressão Normal às fibras  $f_{ck} = 44,35 \text{ MPa}$
- Resistência característica ao Cisalhamento Normal às fibras  $f_{vk} = 10,91 \text{ MPa}$
- Valor médio do Módulo de Elasticidade 15470,92 MPa
- Densidade aparente =  $1000 \text{ kg/m}^3 = 10 \text{ kN/m}^3$
- Recomenda-se uso de Stain Preservativo Hidrorrepelente nas peça de madeira

**Informações sobre o Bloco Solo-Cimento (Tijolo Ecológico)**

- Antes do posicionamento dos pilares, deve ser posicionada a 1ª fiada com objetivo de ajudar e garantir exatidão com o projeto.
- As cintas de amarração devem respeitar o projeto
- As paredes devem ser independentes um da outra, tendo como conexão somente grampos metálicos.
- Devem ser feitas amarrações entre a parede e os pilares de madeira à cada 50 cm aproximadamente.
- O preenchimento dos orifícios dos chumbamentos deve ser de adesivo estrutural a base de resina epoxy.
- O transpasse das barras verticais de 8 mm que formam os pilaretes das paredes deve possuir 15 cm
- Para manter as tubulações verticais naturalmente formadas dentro das paredes, deve-se utilizar de materiais comuns como canudos de espuma e trechos de 15 cm de tubulações plásticas. Uma vez que o concreto da cinta de amarração estiver curado, pode se retirar a tubulação desroscando-a.

\* Incompatibilidade entre Camisa Metálica e Vigas Secundárias

Rev.	Descrição	Responsável	Data
00	Emissão	Bruno Urata	19/06/2023

Sistema	Normas Técnicas Adotada	Sistema	Normas Técnicas Adotadas
NBR 6118	Projetos de estrutura de concreto armado	NBR 7190	Críticos de dimensionamento
NBR 6120	Cálculo para cargas de estruturas	NBR 15575	Edificações habitacionais - Desempenho
NBR 6123	Forças devido ao vento	EN 1995-1-1 (04)	Eurocode 5: Design of timber structures

Obra: **RESIDENCIAL TCC BRUNO URATA**  
Site: Pangeia, Campo Belo do Sul - SC.

Tipo de Projeto: **PROJETO ESTRUTURAL**

Descrição da Folha: **Detalhes escada**

Escala: Indicada Data: 19/06/2023 Desenhista: Bruno Urata Arquivo do Projetista: -

Projeta: Aluno Bruno Urata CREA/SC XXXXXX-X

Proprietário: cliente fulano de tal CNPJ: 00.000.000/0000-00

Fase do Projeto: Análise dos Professores

Folha: **15**