

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONSTRUÇÃO CIVIL**

**“SOBRE O EMPREGO DE TIJOLOS E BLOCOS DE VEDAÇÃO COM
FUNÇÃO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE”**

SALVADOR NOBOA FILHO

SÃO CARLOS

2007

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

**SOBRE O EMPREGO DE TIJOLOS E BLOCOS DE VEDAÇÃO
COM FUNÇÃO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÕES DE PEQUENO
PORTE**

Salvador Noboa Filho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de Mestre em Construção Civil.

Área de concentração:
Sistemas Construtivos de Edificações

Orientador:
Prof. Dr. Sydney Furlan Jr.

São Carlos
2007

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

N753se

Noboa Filho, Salvador.

Sobre o emprego de tijolos e blocos de vedação com
função estrutural em edificações de pequeno porte /
Salvador Noboa Filho. -- São Carlos : UFSCar, 2007.
316 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São
Carlos, 2007.

1. Alvenaria. 2. Alvenaria estrutural. 3. Dimensionamento.
4. Tijolos. I. Título.

CDD: 693.1 (20^a)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia

Departamento de Engenharia Civil

Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

Via Washington Luís, Km 235 - CEP: 13.565-905 - São Carlos/SP/Brasil

Fone(16) 3351-8262- Ramal: 232 - Fax (16) 3351-8259

Site: www.ppgciv.ufscar.br

Email: ppgciv@power.ufscar.br

**"SOBRE O EMPREGO DE TIJOLOS E BLOCOS DE VEDAÇÃO COM FUNÇÃO
ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÕES DE PEQUENO PORTE."**

SALVADOR NOBOA FILHO

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 14 de junho de 2007

Banca Examinadora constituída pelos membros:

Prof. Dr. Sydney Furlan Junior
Departamento de Engenharia Civil/PPGCIV/UFSCar
Orientador

Prof. Dr. Humberto Ramos Roman
Departamento de Engenharia Civil/UFSC/SC
Examinador Externo

Prof. Dr. Marcio Roberto Silva Correa
Departamento de Engenharia de Estruturas/EESC/USP
Examinador Externo

*A Deus, por sempre acreditar em mim e
colocar pessoas boas ao meu lado.*

À minha família, por fazer parte da minha vida.

À aqueles, que com o suor do dia a dia, contribuem para um Brasil melhor.

Agradecimentos

*À Universidade Federal de São Carlos e ao
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil
pela oportunidade*

*Aos professores do curso,
pelo ensinamento recebido*

*Ao orientador Prof., Dr. Sydney Furlan Junior,
pela excelente orientação e competência*

*Aos muitos amigos e colegas de profissão
que fazem com que eu me sinta
orgulhoso e feliz em ser Engenheiro.*

"Engenharia é a arte de modelar materiais os quais não entendemos completamente, em formas que não podemos analisar com precisão, que resistam a forças que não podemos avaliar corretamente, de tal modo que o público em geral não tenha razões para suspeitar da extensão da nossa ignorância."

"Engineering is the art of modeling materials we do not wholly understand, into shapes we cannot precisely analyze so as to withstand forces we cannot properly assess, in such a way that the public has no reason to suspect the extent of our ignorance".

Dr. A. R. Dykes - Desktop Engineering Magazine, June 2003

RESUMO

A construção de edificações térreas e assobradadas de pequeno e médio porte no interior do estado de São Paulo, especialmente para fins residenciais, é predominantemente realizada segundo processos construtivos tradicionais, nos quais se empregam tijolos cerâmicos maciços ou blocos de vedação com função estrutural, que servem de apoio para as lajes e eventual segundo pavimento. Os painéis de alvenaria são amarrados por escalonamento dos elementos, sem estrutura de concreto (vigas e pilares). É o que se denomina alvenaria resistente.

Esse particular modo de construir não possui respaldo em normas técnicas específicas. Ele apresenta uma similaridade fundamental com a alvenaria estrutural: o conceito da alvenaria resistente, ou seja, o elemento alvenaria, além da função de vedação, é o principal elemento estrutural. No entanto, não atende aos demais importantes requisitos característicos dos processos construtivos em alvenaria estrutural, quais sejam: cálculo racional com segurança estabelecida, previsão de resistência mecânica dos elementos, projeto detalhado (modulação, instalações hidro-sanitárias e elétricas compatíveis com a integridade das paredes), controle tecnológico e de execução, entre outros. Nestas obras, a especificação da alvenaria resistente ocorre de forma empírica, quase sempre com base na experiência profissional de pedreiros e, eventualmente, de engenheiros, documentada apenas num projeto padrão de prefeitura.

Neste trabalho se explora este universo das construções em alvenaria resistente. Discutem-se as técnicas usualmente empregadas na sua execução e se apresentam os principais critérios que podem ser utilizados no dimensionamento das paredes conforme as normas brasileira, britânica e da comunidade européia. Através de exemplos representativos, calculam-se as solicitações nas paredes segundo diferentes hipóteses de distribuição do carregamento vertical; quantifica-se a capacidade resistente segundo os critérios de dimensionamento utilizados pelas normas brasileira (com as adaptações necessárias), britânica e européia. E comparam-se estes valores com a resistência de prisma de diversos tipos de unidades empregadas na execução destas edificações, obtidos em ensaios realizados. A partir destes resultados, analisa-se a viabilidade estrutural destas construções. Entre outras conclusões, destaca-se o bom potencial de uso do tijolo maciço e a pertinência de uso das normas internacionais para o dimensionamento, que preenchem importante lacuna da norma brasileira de alvenaria estrutural para edificações de pequeno porte.

Palavras chaves: Alvenaria estrutural, Alvenaria resistente, Dimensionamento, Tijolo, Bloco de vedação, Edificações de pequeno porte

ABSTRACT

The small and medium size, ground or one floor constructions in the inner São Paulo state, specially the residential ones, are predominantly build with massive ceramic brick or structural function closure blocks without structural concrete (beam or columns). This is known as resistant masonry.

This building way is not standardized in Brazil. It shows one similarity to structural masonry: the resistant masonry concept, or the masonry besides the closure function, is also the main structural element. Nevertheless, it does not attend to others construction process characteristics, like dimension and detail process (project), material and execution technological control. In this kind of work, the masonry resistance specification is empirical determined, largely supported by the local workers professional experience and, eventually, by an engineer, documented solely by a city hall standard

This study is focused on the resistant masonry building. The usual techniques are discussed and the main criterion which may be applied to the wall's dimension according to the Brazilian, British and European community rules. Using representative examples, find out calculations requested by walls are estimated according to different hypothesis of vertical loads distribution, the resistant capacity according to the dimension criterion applied by the Brazilian (adapted if necessary), British and European rules are determined; this values are then compared with the resistance of prism of varied material kinds used in this constructions (brick and blocks) obtained in tests. Based on these results, the structural viability is assessed. One of the many conclusions is the potential suitable use of the massive brick and the relevance of the international standard adoption to the dimension process, to fulfill the small building Brazilian structural masonry standard omission.

Key words: Masonry, Structure, Design, Project, Bricks, Small constructions

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – Esquema da distribuição do carregamento.....	34
Figura 3.2 – Pontos de aplicação do carregamento da laje na parede	48
Figura 5.1 – Arquitetura do Exemplo 1	77
Figura 5.2 – Estrutura do Exemplo 1: proposta 1	78
Figura 5.3 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 2.....	86
Figura 5.4 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 3.....	117
Figura 6.1 – Arquitetura do Exemplo A.....	124
Figura 6.2 – Estrutura do Exemplo A.....	125
Figura 6.3 – Arquitetura do Exemplo B.....	127
Figura 6.4 – Estrutura do Exemplo B.....	127
Figura 6.5 – Arquitetura do Exemplo C.....	129
Figura 6.6 – Estrutura do Exemplo C	129
Figura 6.7 – Arquitetura do Exemplo D.....	131
Figura 6.8 – Estrutura do Exemplo D	131
Figura 6.9 – Arquitetura e estrutura do Exemplo E.....	133
Figura 6.10 – Arquitetura e estrutura do Exemplo F	135
Figura 6.11 – Arquitetura do Exemplo G	137
Figura 6.12 – Estrutura do Exemplo G	138
Figura 6.13 – Arquitetura Exemplo H	140
Figura 6.14 – Estrutura do Exemplo H.....	141
Figura 6.15 – Arquitetura e estrutura do Exemplo I	143
Figura 6.16 – Arquitetura e estrutura do Exemplo I	144
Figura 6.17 – Arquitetura do Exemplo J: Pavimento inferior e superior	146
Figura 6.18 – Estrutura do Exemplo J: pavimento inferior	147
Figura 6.19 – Estrutura do Exemplo J: pavimento superior	148
Figura 6.20 – Arquitetura do Exemplo K: pavimento inferior.....	150
Figura 6.21 – Arquitetura do Exemplo K: pavimento superior.....	151
Figura 6.22 – Estrutura do Exemplo K: pavimento inferior.....	152
Figura 6.23 – Estrutura do Exemplo K: pavimento superior.....	153
Figura 6.24 – Arquitetura do Exemplo L: pavimento inferior	156
Figura 6.25 – Arquitetura do Exemplo L: pavimento superior	157
Figura 6.26 – Estrutura do Exemplo L: pavimento inferior	158
Figura 6.27 – Estrutura do Exemplo L: pavimento superior	159
Figura B.1 – Arquitetura do Exemplo 1: Planta baixa	217
Figura B.2 – Arquitetura do Exemplo 1: Planta de cobertura.....	218

Figura B.3 – Arquitetura do Exemplo 1: Corte AA	219
Figura B.4 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 1.....	220
Figura B.5 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 2.....	221
Figura B.6 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 3.....	222

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Normas brasileiras relacionadas a alvenaria estrutural.....	3
Tabela 2.1 – Resistência à compressão.....	10
Tabela 2.2 – Traços empíricos de argamassa de assentamento. Sigueira Tango (1990).....	12
Tabela 2.3 – Efeito da espessura sobre a resistência. Gallegos citado por Massetto (2001).....	13
Tabela 2.4 – Influência do preenchimento da junta vertical.	14
Tabela 2.5 – Espaçamento entre juntas de controle. Gomes (1990)	14
Tabela 2.6 – Espaçamento entre juntas de controle. Lordsleem (2000).....	15
Tabela 2.7 – Apoio mínimo para vergas e contravergas. Lordsleem (2000).....	16
Tabela 2.8 – Técnicas de execução de vergas e contravergas. Lordsleem (2000).....	16
Tabela 2.9 – Fator de eficiência. Camacho citado por Massetto (2001)	18
Tabela 2.10 – Fator de eficiência (FE).....	19
Tabela 3.1 – Coeficientes de segurança – sobre ações (g_f). BS	38
Tabela 3.2 – Coeficientes de ponderação – sobre materiais (g_M). BS.....	39
Tabela 3.3 – Coeficientes de segurança – sobre ações (g_f). Eurocode 0:2001	39
Tabela 3.4 – Coeficientes de segurança – sobre materiais (g_M). Eurocode 6:2001	40
Tabela 3.5 – Requisitos de cada classe de execução. Ávila Jr. et al (2006).....	41
Tabela 3.6 – Fator da altura efetiva (r_n)	44
Tabela 3.7 – Fator de redução (b), norma BS	49
Tabela 3.8 – Fator de redução (Φ_m), norma EC.....	50
Tabela 3.9 – Formas de consideração da excentricidade e fator de redução.....	51
Tabela 3.10 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) executada com tijolos*. BS	53
Tabela 3.11 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) com blocos vazados A*. BS.....	53
Tabela 3.12 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) com blocos vazados B*. BS.....	53
Tabela 3.13 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) com blocos de concreto*. BS.....	53
Tabela 3.14 – Tipos de argamassa, segundo BS	54
Tabela 3.15 – Valores do fator δ	55
Tabela 3.16 – Valores de K. Eurocode 6:2001	56
Tabela 3.17 – Requisitos geométricos das unidades de alvenaria. Eurocode 6:2001.....	56
Tabela 4.1 – Resumo das resistências de unidade (f_b).....	63
Tabela 4.2 – Resumo das resistências de prismas (f_p).....	65
Tabela 4.3 – Cálculo da resistência normalizada – Eurocode 6:2001.....	66
Tabela 4.4 – Cálculo da resistência da alvenaria, segundo o EC	67
Tabela 4.5 – Fator de eficiência	67
Tabela 4.6 – Influência da resistência da argamassa na resistência do prisma.....	69
Tabela 4.7 – Área máxima de laje por metro de parede (sem excentricidade)	71

Tabela 5.1 – Estudos realizados para os exemplos.....	73
Tabela 5.2 – Carregamento atuante sobre as lajes do Exemplo 1.....	79
Tabela 5.3 – Carregamento atuante sobre as alvenarias do Exemplo 1.....	79
Tabela 5.4 – Levantamento de carga: simulação 1 do Exemplo 1.....	79
Tabela 5.5 – Levantamento da carga dos beirais sobre as paredes do Exemplo 1	80
Tabela 5.6 – Levantamento da carga de vergas sobre as paredes do Exemplo 1	81
Tabela 5.7 – Resumo dos carregamentos sobre as paredes do Exemplo 1	81
Tabela 5.8 – Esforços solicitantes em cada parede do Exemplo 1	82
Tabela 5.9 – Interação entre paredes: Grupos Isolados. Exemplo 1	83
Tabela 5.10 – Interação entre paredes: Distribuição a 45°. Exemplo 1.....	84
Tabela 5.11 – Resumo dos esforços solicitantes em cada parede do Exemplo 1.....	85
Tabela 5.12– Resumo dos carregamentos - Exemplo 1, estrutura 2	87
Tabela 5.13 – Resumo dos carregamentos - Exemplo 1, estrutura 2	88
Tabela 5.14 – Parâmetros utilizados no dimensionamento – Exemplo 1	95
Tabela 5.15 – Dimensionamento segundo a NB – Exemplo 1	96
Tabela 5.16 – Dimensionamento segundo a BS – características geométricas – Parte I.....	97
Tabela 5.17 – Dimensionamento segundo a BS – Parte II	97
Tabela 5.18 – Dimensionamento segundo o EC – características geometrias – Parte I....	100
Tabela 5.19 – Dimensionamento segundo o EC – Parte II	101
Tabela 5.21 – Comparativo no resultado do dimensionamento entre as normas.....	111
Tabela 5.22 – Tipos de alvenaria, espessura e peso próprio.....	115
Tabela 5.23 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo 1.....	118
Tabela 6.1 – Carregamento atuante sobre as lajes dos exemplos de A a L	122
Tabela 6.2 – Estudos realizados para os exemplos.....	123
Tabela 6.3 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenarias – Exemplo A	126
Tabela 6.4 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo B	128
Tabela 6.5 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo C	130
Tabela 6.6 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo D	132
Tabela 6.7 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo E	134
Tabela 6.8 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenarias – Exemplo F.....	136
Tabela 6.9 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo G.....	139
Tabela 6.10 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo H.....	142
Tabela 6.11 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo I.....	145
Tabela 6.12 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo J – pavimento inferior	149
Tabela 6.13 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo J – pavimento superior	149
Tabela 6.15 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo K – pavimento superior.....	155
Tabela 6.16 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo L – pavimento inferior	160

Tabela 6.17 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo L – pavimento superior.....	160
Tabela 7.1 – Comparativo de resistências necessárias entre as normas	170
Tabela 7.2 – Dimensionamento por grupos isolados – alvenaria tipo 1	173
Tabela 7.3 – Resumo das resistências necessárias pelo EC – 1 pavimento	176
Tabela 7.4 – Resumo das resistências necessárias pelo EC – 2 pavimentos.....	177
Tabela 7.5 – Resumo das resistências necessárias – Otimização – 1 pavimento	180
Tabela 7.6 – Resumo das resistências necessárias – Otimização – 2 pavimentos	181
Tabela 7.7 – Razão entre resistência necessária e área de influência – 1 pavimento	183
Tabela 7.8 – Razão entre resistência necessária e área de influência – 2 pavimentos	184
Tabela 7.9 – Razão entre resistência e área de influência – 1 pavimento otimizado	185
Tabela 7.10 – Comparativo entre resistências necessárias (1 pavimento) e previstas	186
Tabela 7.11 – Comparativo entre resistências necessárias (1 pav. otimizado) e do prisma....	187
Tabela 7.12 – Comparativo entre resistências necessárias (2 pavimento) e ensaios	188
Tabela 7.13 – Comparativo entre resistências necessárias (2 pav. otimizado) e ensaios...188	
Tabela 7.14 – Segurança intrínseca das alvenarias executadas com as unidades ensaiadas....	189
Tabela 8.1 – Principais diferenças entre as normas	193
Tabela A.1 – Resultados dos ensaios de resistência do tijolo maciço XXX	206
Tabela A.2 – Resultados dos ensaios de resistência do tijolo maciço ASF	206
Tabela A.3 – Resultados dos ensaios de resistência do tijolo maciço JRT.....	207
Tabela A.4 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 9x19x19.....	207
Tabela A.5 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 14x19x19.....	207
Tabela A.6 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 11,5x14x24.....	208
Tabela A.7 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 14x11,5x24.....	208
Tabela A.8 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX.....	209
Tabela A.9 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço ASF.....	209
Tabela A.10 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço JRT	209
Tabela A.11 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 9x19x19	210
Tabela A.12 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 14x19x19	210
Tabela A.13 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 11,5x14x24	210
Tabela A.14 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 14x11,5x24	211
Tabela A.15 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX.....	211
Tabela A.16 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX.....	211
Tabela A.17 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX.....	212
Tabela A.18 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço ASF.....	212
Tabela A.19 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 11,5x14x24	212
Tabela A.20 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX.....	213
Tabela A.21 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. la.....	213

Tabela A.22 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. Ib.....	214
Tabela A.23 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. II.....	214
Tabela A.24 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. revestimento.....	215
Tabela B.1 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje pré unidirecional com continuidade.....	223
Tabela B.2 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje pré bidirecional	224
Tabela B.3 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje maciça sem continuidade	225
Tabela B.4 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje maciça com continuidade	226
Tabela B.5 – Dimensionamento: Ex. 1: Alv. 1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)	227
Tabela B.6 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 2 (Bl 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	228
Tabela B.7 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 3 (Bl 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²).....	229
Tabela B.8 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 4 (Bl 11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76 kN/m ²)	230
Tabela B.9 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 5 (Bl 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²)	231
Tabela B.10 – Carregamentos do Exemplo A.....	232
Tabela B.11 – Dimensionamento Ex. A: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²).....	233
Tabela B.12 – Dimensionamento Ex. A: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	234
Tabela B.13 – Dimensionamento Ex. A: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²).....	235
Tabela B.14 – Dimensionamento Ex. A: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²)....	236
Tabela B.15 – Dimensionamento Ex. A: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²)....	237
Tabela B.16 – Carregamentos do Exemplo B.....	238
Tabela B.17 – Dimensionamento Ex. B: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²).....	239
Tabela B.18 – Dimensionamento Ex. B: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	240
Tabela B.19 – Dimensionamento Ex. B: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²).....	241
Tabela B.20 – Dimensionamento Ex. B: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²)....	242
Tabela B.21 – Dimensionamento Ex. B: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²)....	243
Tabela B.22 – Carregamentos do Exemplo C	244
Tabela B.23 – Dimensionamento Ex. C: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²).....	245
Tabela B.24 – Dimensionamento Ex. C: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²)	246
Tabela B.25 – Dimensionamento Ex. C: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²)	247
Tabela B.26 – Dimensionamento Ex. C: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²) ...	248
Tabela B.27 – Dimensionamento Ex. C: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²)	249
Tabela B.28 – Carregamentos do Exemplo D	250
Tabela B.29 – Dimensionamento Ex. D: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²).....	251
Tabela B.30 – Dimensionamento Ex. D: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²)	252
Tabela B.31 – Dimensionamento Ex. D: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²)	253
Tabela B.32 – Dimensionamento Ex. D: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²) ...	254
Tabela B.33 – Dimensionamento Ex. D: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²)	255
Tabela B.34 – Carregamentos do Exemplo E.....	256

Tabela B.35 – Dimensionamento Ex. E: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²).....	257
Tabela B.36 – Dimensionamento Ex. E: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	258
Tabela B.37 – Dimensionamento Ex. E: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²).....	259
Tabela B.38 – Dimensionamento Ex. E: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²).....	260
Tabela B.39 – Dimensionamento Ex. E: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²).....	261
Tabela B.40 – Carregamentos do Exemplo F.....	262
Tabela B.41 – Dimensionamento Ex. F: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)	263
Tabela B.42 – Dimensionamento Ex. F: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	264
Tabela B.43 – Dimensionamento Ex. F: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²).....	265
Tabela B.44 – Dimensionamento Ex. F: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²).....	266
Tabela B.45 – Dimensionamento Ex. F: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²).....	267
Tabela B.46 – Carregamentos do Exemplo G.....	268
Tabela B.47 – Dimensionamento Ex. G: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)	269
Tabela B.48 – Dimensionamento Ex. G: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²)	270
Tabela B.49 – Dimensionamento Ex. G: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²)	271
Tabela B.50 – Dimensionamento Ex. G: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²)	272
Tabela B.51 – Dimensionamento Ex. G: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²)	273
Tabela B.52 – Carregamentos do Exemplo H	274
Tabela B.53 – Dimensionamento Ex. H: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²).....	275
Tabela B.54 – Dimensionamento Ex. H: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²)	276
Tabela B.55 – Dimensionamento Ex. H: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²)	277
Tabela B.56 – Dimensionamento Ex. H: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²)	278
Tabela B.57 – Dimensionamento Ex. H: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²)	279
Tabela B.58 – Carregamentos do Exemplo I – parte I.....	280
Tabela B.59 – Carregamentos do Exemplo I – parte II.....	281
Tabela B.60 – Dimensionamento Ex. I: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)	282
Tabela B.61 – Dimensionamento Ex. I: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	283
Tabela B.62 – Dimensionamento Ex. I: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²).....	284
Tabela B.63 – Dimensionamento Ex. I: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m ²).....	285
Tabela B.64 – Dimensionamento Ex. I: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m ²).....	286
Tabela B.65 – Carregamentos do Exemplo J: Laje maciça com continuidade.....	287
Tabela B.66 – Dimensionamento Ex. J: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)	288
Tabela B.67 – Dimensionamento Ex. J: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,59 kN/m ²)	289
Tabela B.68 – Dimensionamento Ex. J: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,68 kN/m ²)	290
Tabela B.69 – Dimensionamento Ex. J: Alv.4 (Bl. 11,5x14x24, e=11,5; PP=1,82kN/m ²) ...	291
Tabela B.70 – Dimensionamento Ex. J: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,09 kN/m ²)	292
Tabela B.71 – Carregamentos do exemplo K – pavimento inferior.....	293

Tabela B.72 – Dimensionamento Ex. K (inf): Alv. 1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²).....	294
Tabela B.74 – Dimensionamento Ex. K (inf): Alv. 3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,68 kN/m ²)..	296
Tabela B.75 – Dimensionamento Ex.K (inf):Alv.4 (Bl.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,82kN/m ²)..	297
Tabela B.76 – Dimensionamento Ex.K (inf):Alv.5 (Bl.11,5x14x24,e=14;PP=2,09 kN/m ²)....	298
Tabela B.77 – Carregamentos do exemplo K – pavimento superior	299
Tabela B.78 – Dimensionamento Ex. K (sup): Alv. 1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)...	300
Tabela B.79 – Dimensionamento Ex. K (sup): Alv. 2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,59 kN/m ²)..	301
Tabela B.80 – Dimensionamento Ex. K (sup): Alv. 3 (Bl. 9x19x19,e=19;PP=2,68 kN/m ²)...	302
Tabela B.81 – Dimensionamento Ex.K(sup):Alv.4(Bl.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,82kN/m ²)..	303
Tabela B.82 – Dimensionamento Ex.K (sup):Alv.5 (Bl.11,5x14x24,e=14;PP=2,09 kN/m ²)..	304
Tabela B.83 – Carregamentos do exemplo L – Pavimento Inferior.....	305
Tabela B.84 – Dimensionamento Ex.L (inf): Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)	306
Tabela B.85 – Dimensionamento Ex.L (inf): Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	307
Tabela B.86 – Dimensionamento Ex.L (inf): Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²).....	308
Tabela B.87 – Dimensionamento Ex.L(inf):Alv.4 (Bl.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,76kN/m ²)...	309
Tabela B.88 – Dimensionamento Ex.L(inf):Alv.5 (Bl.11,5x14x24,e=14;PP=2,01 kN/m ²).....	310
Tabela B.89 – Carregamentos do exemplo L – pavimento superior	311
Tabela B.90 – Dimensionamento Ex.L (sup): Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m ²)	312
Tabela B.91 – Dimensionamento Ex.L (sup): Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m ²).....	313
Tabela B.92 – Dimensionamento Ex.L (sup): Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m ²)...	314
Tabela B.93 – Dimensionamento Ex.L(sup):Alv.4(Bl.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,76kN/m ²)..	315
Tabela B.94 – Dimensionamento Ex.L(sup):Alv.5(Bl.11,5x14x24,e=14;PP=2,01 kN/m ²)....	316

LISTA DE FOTOS

Foto 2.1 – Fundação em brocas e Radier	22
Foto 2.2 – Vista do embasamento e alvenaria.....	22
Foto 2.3 – Exemplo do uso de bloco cerâmicos - 8 e 9 furos	25
Foto 2.4 – Exemplo do uso de tijolo maciço	25
Foto 2.5 – Exemplos de estrutura mista	26
Foto 2.6 – Cinta em bloco - 9 furos	26
Foto 2.7 – Exemplos de alvenaria resistente	27
Foto 2.8 – Reforço para apoio da laje	28
Foto 2.9 – Reforço para apoio da laje	28
Foto 2.10 – Apoio do telhado	29
Foto 2.11 – Cortes nas paredes para instalações	30
Foto 4.1 – Exemplares das unidades ensaiadas	60
Foto 4.2 – Corpos de prova – tijolos maciços.....	61
Foto 4.3 – Corpos de prova – blocos cerâmicos 9x19x19 e 14x19x19	62
Foto 4.4 – Corpos de prova – blocos cerâmicos 11,5x14x24 e 14x11,5x24	62
Foto 4.5 – Corpos de prova: Prismas de tijolos maciços e blocos cerâmicos	63
Foto 4.6 – Verificação da espessura da junta e do prumo dos corpos de prova	64

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 – Comparativo entre as resistências	68
Gráfico 4.2 – Comparativo entre as resistências de argamassa e prisma	69
Gráfico 5.1 – Comparativo de resultados: Laje pré unidirecional com continuidade	85
Gráfico 5.2 – Diferenças percentuais nos resultados por paredes isoladas.....	89
Gráfico 5.3 – Diferenças percentuais nos resultados por distribuição a 45°.....	89
Gráfico 5.4 – Laje pré unidirecional sem continuidade	90
Gráfico 5.5 – Laje pré unidirecional com continuidade	90
Gráfico 5.6 – Laje pré bidirecional.....	91
Gráfico 5.7 – Laje maciça sem continuidade	91
Gráfico 5.8 – Laje maciça com continuidade	92
Gráfico 5.9 – Variação do carregamento relativo à laje maciça - paredes isoladas	93
Gráfico 5.10 – Variação do carregamento relativo à laje maciça - grupos isoladas	93
Gráfico 5.11 – Variação do carregamento relativo à laje maciça – distribuição a 45°	94
Gráfico 5.12 – Comparativo da influência da espessura e altura no dimensionamento	110
Gráfico 7.1 – Comparativo de resistências necessárias entre normas – alvenaria tipo 1....	171
Gráfico 7.2 – Comparativo de resistências necessárias entre normas – alvenaria tipo 4....	171
Gráfico 7.3 – Comparativo de resistências necessárias entre normas – alvenaria tipo 5....	172
Gráfico 7.4 – Resistência necessária – 1 pavimento, EC, paredes isoladas.....	176
Gráfico 7.5 – Comparativo da resistência necessária – 2 pavimentos.....	178
Gráfico 7.6 – Comparativo da resistência necessária – 1 pavimento – grupo isolado.....	180
Gráfico 7.7 – Comparativo da resistência necessária – 2 pavimentos – grupo isolado.....	181
Gráfico 7.8 – Razão entre resistência necessária e área de influência – 1 pavimento.....	184
Gráfico 7.9 – Razão entre resistência e área de influência – 1 pavimento otimizado.....	185

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AE	Alvenaria Estrutural
AR	Alvenaria Resistente
BS	Norma britânica de alvenaria estrutural, explicitamente BS 5628:1992
EC	Norma da comunidade europeia de alvenaria estrutural, Eurocode 6:1995
NB	Norma brasileira de alvenaria estrutural, explicitamente NB 10837:1989
PCAE	Processos construtivos em alvenaria estrutural

LISTA DE SIMBOLOS

e_a	Excentricidade acidental
e_x	Excentricidade do carregamento
e_i	Excentricidade no topo da parede
e_m	Excentricidade no quinto central (meio) da parede
e_f	Excentricidade na base da parede
f_{alv}	Resistência à compressão da alvenaria
f_b	Resistência à compressão (normalizada ou não) da unidade de alvenaria
f_k	Resistência característica à compressão da alvenaria
f_m	Resistência à compressão da argamassa
f_p	Resistência média à compressão do prisma
h	Altura da parede
h_{ef}	Altura efetiva da parede (utilizada no dimensionamento)
l	Comprimento da parede
t	Espessura da parede
γ_m	Coefficiente de ponderação de segurança aplicado aos materiais
γ_f	Coefficiente de ponderação de segurança aplicado aos esforços
b	Fator de redução devido à esbeltez e excentricidade
Φ	Fator de redução devido à esbeltez e excentricidade
λ	Esbeltez (relação entre a altura e a espessura da parede)
r_n	Fator de redução da altura

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
1.1 Justificativa	5
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Metodologia da pesquisa	6
1.4 Estrutura da dissertação	7
2. A construção em alvenaria.....	9
2.1 Projeto de alvenaria	10
2.2 Argamassa de assentamento e revestimento.....	12
2.3 Junta horizontal.....	13
2.4 Junta vertical.....	13
2.5 Junta de dilatação e de controle.....	14
2.6 Vergas e contravergas	15
2.7 Patologia em alvenaria.....	17
2.8 Resistência à compressão	17
2.9 Tipologia das obras.....	20
2.9.1 Fundação.....	21
2.9.2 Alvenaria.....	22
2.9.3 Laje e cobertura.....	27
2.9.4 Revestimento externo e interno	29
2.9.5 Instalações elétricas e hidráulicas.....	29
3. Dimensionamento da alvenaria.....	31
3.1 Interação entre paredes	31
3.1.1 Paredes Isoladas	32
3.1.2 Grupos Isolados.....	32
3.1.3 Distribuição a 45°.....	33
3.1.4 Grupo de paredes com taxa de interação	36
3.2 Dimensionamento	36
3.2.1 Margem de segurança.....	36
3.2.2 Características geométricas.....	41
3.2.3 Resistência da alvenaria.....	51
3.2.4 Determinação da resistência de projeto.....	57

4.	Trabalho experimental	60
4.1	Caracterização da resistência	60
4.1.1	Resistência à compressão da unidade (f_b)	61
4.1.2	Resistência à compressão do prisma (f_p)	63
4.1.3	Análise dos resultados	64
5.	Dimensionamento: exemplo numérico	72
5.1	Distribuição da carga da laje para as paredes	73
5.2	Parâmetros utilizados no dimensionamento	74
5.3	Descrição do Exemplo 1 – edificação térrea	76
5.4	Levantamento de cargas e distribuição vertical	78
5.5	Influência de paredes extensas no carregamento	86
5.6	Influência do tipo de laje	89
5.7	Dimensionamento	94
5.7.1	Dimensionamento pela NBR 10837:1989	95
5.7.2	Dimensionamento pela BS 5628:1992	96
5.7.3	Dimensionamento pelo Eurocode 6:1995	99
5.7.4	Cálculo da excentricidade	103
5.7.5	Influência da esbeltez	104
5.7.6	Influência da divisão de paredes no dimensionamento	110
5.7.7	Influência do tipo de alvenaria	114
5.8	Conclusões do Exemplo 1	119
6.	Dimensionamento: outros exemplos	122
6.1	Exemplo A – Edificação térrea	124
6.2	Exemplo B – Edificação térrea	126
6.3	Exemplo C – Edificação térrea	128
6.4	Exemplo D – Edificação térrea	130
6.5	Exemplo E – Edificação térrea	132
6.6	Exemplo F – Edificação térrea	134
6.7	Exemplo G – Edificação térrea	136
6.8	Exemplo H – Edificação térrea	139
6.9	Exemplo I – Edificação térrea	142
6.10	Exemplo J – Edificação assobradada	145
6.11	Exemplo K – Edificação assobradada	150
6.12	Exemplo L – Edificação assobradada	155

7.	Análise dos resultados dos exemplos	161
7.1	Análise individual dos exemplos.....	161
7.1.1	Exemplo A	162
7.1.2	Exemplo B	162
7.1.3	Exemplo C	163
7.1.4	Exemplo D	163
7.1.5	Exemplo E	164
7.1.6	Exemplo F	164
7.1.7	Exemplo G.....	165
7.1.8	Exemplo H.....	165
7.1.9	Exemplo I.....	165
7.1.10	Exemplo J.....	166
7.1.11	Exemplo K.....	168
7.1.12	Exemplo L.....	169
7.2	Síntese por paredes isoladas – 1 pavimento	169
7.3	Análise por grupos isolados – 1 pavimento	172
7.4	Síntese final - EC	175
7.5	Viabilidade das unidades ensaiadas	186
8.	Considerações finais.....	190
8.1	Sobre a literatura disponível.....	192
8.2	Sobre normas de projeto.....	192
8.3	Sobre a distribuição do carregamento	193
8.4	Sobre paredes extensas	194
8.5	Sobre projetos de alvenaria.....	195
8.6	Sobre os ensaios	196
8.7	Sobre a viabilidade do uso estrutural destes elementos.....	197
8.8	Propostas para estudos futuros.....	199
9.	Referências bibliográficas.....	200
A.	Trabalho experimental – tabelas.....	206
A.1	Caracterização de resistência da unidade.....	206
A.2	Caracterização de resistência de prisma.....	209
B.	Exemplos numéricos – tabelas e figuras.....	216
B.1	Exemplo 1 – Edificação térrea.....	216

B.2	Exemplo A – Edificação térrea	232
B.3	Exemplo B – Edificação térrea	238
B.4	Exemplo C – Edificação térrea	244
B.5	Exemplo D – Edificação térrea	250
B.6	Exemplo E – Edificação térrea	256
B.7	Exemplo F – Edificação térrea	262
B.8	Exemplo G – Edificação térrea	268
B.9	Exemplo H – Edificação térrea	274
B.10	Exemplo I – Edificação térrea.....	280
B.11	Exemplo J – Edificação assobradada.....	287
B.12	Exemplo K – Edificação assobradada	293
B.13	Exemplo L – Edificação assobradada	305

1. INTRODUÇÃO

Grande parte das obras executadas no interior do estado de São Paulo é constituída por edificações residenciais com um ou dois pavimentos e área inferior a 200 m². Verificando-se o processo construtivo utilizado nessas edificações, observa-se intensa utilização da alvenaria com função estrutural. Mesmo nos casos onde existe uma estrutura em concreto armado, é comum a utilização das alvenarias como fôrma (suporte da face inferior de vigas), o que resulta em uma estrutura mista, na qual a alvenaria se solidariza com as vigas de concreto armado no suporte das cargas de lajes e de outros pavimentos.

Segundo Sabbatini (2002), o uso de paredes resistentes como estrutura não é uma inovação tecnológica recente, sendo o elemento estrutural mais utilizado, seguro e durável até o início do século XX, "(...) e o único aceito na estruturação de edificações de grande porte." Atualmente, no meio técnico, o reconhecimento da alvenaria como sistema estrutural só ocorre quando ela é executada através dos processos construtivos em alvenaria estrutural. Nos demais casos, embora comuns, não há respaldo das normas técnicas e estudos acadêmicos.

Historicamente, a alvenaria vem sendo utilizada como sistema construtivo desde a antigüidade, quando o homem primitivo empilhava pedras para construir seus primeiros abrigos. O conhecimento sobre a utilização da alvenaria de pedras foi evoluindo com o tempo. Com os romanos atingiu o seu máximo desenvolvimento, e até o início do século XX o uso da alvenaria como elemento estrutural foi empírico, baseado mais na mecânica das estruturas do que no conhecimento das características e propriedades do material (Carvalho e Roman, 2001).

No século XX, o estudo racional e científico de como construir em alvenaria culminou no que hoje é denominado Alvenaria Estrutural (AE), que, no Brasil, passou a ser normatizada a partir da década de 70. Na década de 80, o assunto começou a ser incorporado aos estudos de várias universidades nos estados de São Paulo, Rio Grande do Sul, Pernambuco e Santa Catarina.

Atualmente, no Brasil, a regulamentação normativa sobre alvenaria estrutural ainda não incorpora todos os aspectos e materiais disponíveis, mas encontra-se em processo de atualização e revisão. Existem normas de especificação para diversos materiais, entre eles os tijolos e blocos cerâmicos, de concreto, sílico calcáreo e solo-cimento. No entanto, existe apenas uma norma sobre projetos e execução em alvenaria estrutural, específica para blocos de concreto.

Observam-se, entretanto, algumas incoerências conceituais. Por exemplo, a NBR 8545:1984, intitulada “Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos”, traz o seguinte texto em seu item 4.1.16: “Para obras que não exijam estrutura em concreto armado, a alvenaria não deve servir de apoio direto para as lajes. Deve-se prever uma cinta de amarração em concreto armado sob a laje e sobre todas as paredes que dela recebam cargas.” E no item 4.4: “Para se evitar que vigas com grandes cargas concentradas nos apoios incidam diretamente sobre a parede, deve-se usar coxins de concreto para que haja distribuição da carga. (...)” – Ou seja, a alvenaria especificada como não estrutural pode receber carga de laje e até mesmo grandes cargas concentradas de vigas, desde que haja elementos de concreto realizando uma distribuição destas cargas.

A Tabela 1.1 apresenta o conjunto de normas brasileiras para projetos e execução de alvenaria, normas de especificação de componentes e ensaios.

Grande parte das normas listadas é da década de 1980, quando o conhecimento sobre alvenaria estrutural se baseava no componente bloco de concreto. No constante processo de atualização das normas, é importante a caracterização de outros materiais e outros tipos de blocos/tijolos para uso em alvenaria estrutural, de modo semelhante ao adotado pelas normas internacionais BS 5628:1992¹ e Eurocode 6:1995². No entanto, registra-se que a principal alteração na revisão (em curso) da NBR 10837:1989³ é a substituição do método das tensões admissíveis pelo método de estados limites no dimensionamento, que altera significativamente a forma de incorporar a segurança da estrutura no processo de cálculo.

Entre os principais requisitos relativos ao dimensionamento exigidos pela NB para a alvenaria estrutural, destacam-se os valores mínimos da resistência característica (4,5 MPa) e da espessura (14 cm) do bloco (de concreto), e a esbeltez máxima da parede (razão entre a altura e espessura), igual a 20 para alvenaria não armada.

¹ Neste trabalho, toda referência à norma britânica BS 5628:1992 será representada pela sigla BS.

² Neste trabalho, toda referência à norma europeia Eurocode 6:1995 será representada pela sigla EC.

³ Neste trabalho, toda referência à norma brasileira NB 10837:1989 será representada pela sigla NB.

Tabela 1.1 – Normas brasileiras relacionadas a alvenaria estrutural

Assunto	Norma	Data	Título
Projeto	NBR 10837	1989	Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de Concreto
Execução de alvenaria	NBR 8545	1984	Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos
	NBR 8798	1985	Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto
Especificação de componente (unidade de alvenaria)	NBR 6136	1994	Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural
	NBR 7170	1983	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria
	NBR 7173	1982	Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural
	NBR 8041	1994	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Forma e dimensões
	NBR 10834	1994	Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural
	NBR 10835	1994	Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Forma e dimensões
	NBR 14974-1	2003	Bloco sílico-calcário para alvenaria – Parte 1: requisitos, dimensões e métodos de ensaio
	NBR 15270-1	2005	Componentes cerâmicos – Parte 1 - Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos
	NBR 15270-2	2005	Componentes cerâmicos – Parte 2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos
Especificação de componente (argamassa)	NBR 13276	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência
	NBR 13281	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos
Ensaio	NBR 8215	1983	Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural – Preparo e ensaio à compressão
	NBR 6460	1983	Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – Verificação da resistência à compressão
	NBR 15270-3	2005	Componentes cerâmicos – Parte 3: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio
	NBR 7184	1992	Blocos vazados de concreto simples – Determinação da resistência à compressão
	NBR 8949	1985	Paredes de alvenaria estrutural – ensaio à compressão simples
	NBR 13279	2005	Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão

Entre os componentes mais utilizados nas edificações brasileiras estão o tijolo maciço e o bloco cerâmico de 8 furos. O primeiro, popularmente chamado de tijolinho, é "(...) fabricado com argila, conformado por prensagem, sendo, a seguir, submetido a secagem e à queima" (Vidor, 1992). E o segundo, popularmente chamado de tijolo baiano, é "(...) fabricado com argila, moldado por extrusão, submetido à secagem e à queima em temperaturas que oscilam em torno de 800°C" (Vidor, 1992).

O tijolo maciço é utilizado tanto em alvenarias de vedação como em alvenarias resistentes. Pelo fato de possuir dimensões reduzidas, consegue-se bom aproveitamento em praticamente qualquer dimensão de painel de parede. O consumo de argamassa é grande e o corte de peças normalmente está incorporado ao processo, ou seja, não existe modulação no projeto. Isso gera desperdício e não combina com a racionalização da construção.

O tijolo maciço também é utilizado como elemento de encunhamento ou de ajuste de medidas nas alvenarias executadas com outros materiais. Por ser maciço, não possibilita grauteamento vertical. No entanto, pode-se executar pilar em concreto armado nos vazios entre panos de alvenaria, que funcionam como forma lateral.

O bloco cerâmico de 8 furos é utilizado principalmente em alvenarias de vedação, mas também é utilizado em alvenarias resistentes, a despeito da visível inadequação.

Em alvenaria estrutural, utilizam-se blocos produzidos especificamente para esta finalidade, apresentando sempre os furos na posição vertical. Os blocos produzidos para alvenaria estrutural (ou blocos de vedação de geometria similar para uso em alvenarias de vedação racionalizadas), permitem a execução de grauteamento vertical e facilitam a modulação da alvenaria. Além disso, há peças especiais para usos específicos, tais como os blocos canaleta, hidráulico, seccionado, J e compensador, que racionalizam diversos procedimentos.

No que se refere aos tijolos e blocos cerâmicos de vedação utilizados no Brasil, muitos autores verificaram que grande parte não atende, totalmente as exigências normativas – Oliveira e Roman (1994), Sposto e Perini (2000), Bastos e Marques (2002), e outros. Este fato se deve principalmente à falta de controle da produção e falta de exigência por parte dos consumidores. Segundo Massetto (2001) "(...) nem mesmo os próprios fornecedores conhecem profundamente as características dos produtos que ofertam para o mercado."

1.1 Justificativa

A alvenaria pode desempenhar diversas funções na edificação: desde a simples vedação entre ambientes até constituir-se na própria estrutura.

O uso de processos construtivos tradicionais que empregam tijolos e blocos cerâmicos de vedação e que não atendem aos requisitos mínimos (projeto e execução) exigidos para a alvenaria estrutural é prática comum em muitas obras, principalmente nas pequenas edificações. Nestes casos, a alvenaria quase sempre desempenha funções estruturais (alvenaria resistente), sem que haja uma análise criteriosa de projeto (estrutura, modulação, instalações) e dos materiais empregados. É um setor mais informal do mercado da construção civil, distante das mudanças tecnológicas e do esforço de entidades diversas ligadas à construção civil (associações de fabricantes, órgão públicos, agentes financeiros) em garantir a qualidade das construções, assim como das empresas construtoras preocupadas com a racionalização da produção e do uso dos materiais, assim como o atendimento às normas técnicas e ao código de defesa do consumidor (nicho do mercado mais organizado).

Nestes casos, quase não há preocupação com o atendimento dos critérios de resistência dos componentes, que devem ser sempre compatíveis com as solicitações. Na verdade, não há uma base racional de dimensionamento, inexistindo, portanto, o conceito de segurança.

Em consonância com estudos anteriores (Cavalheiro, 1991; Roman, 1991, entre outros), reforça-se neste trabalho a necessidade de se proceder a ensaios e estudos em diversas regiões, para conhecer melhor o comportamento da alvenaria executada com esses materiais alternativos. Assim, podem ser obtidas diretrizes para as construções de edificações de pequeno porte que utilizem este processo tradicional, estimulando a incorporação de alguns dos procedimentos da alvenaria estrutural (uso racional, critérios de segurança, dimensionamento, padronização, etc.). Ou condenar definitivamente seu uso, caso os estudos apontem nesta direção.

A possibilidade de incorporar conceitos de racionalização construtiva típicos da alvenaria estrutural às edificações construídas tradicionalmente que empregam alvenaria resistente, simultaneamente à flexibilização de algumas exigências, é assunto pouco explorado. Dada à magnitude deste mercado, que representa parcela significativa das construções no Brasil, é clara a importância deste estudo. O conhecimento das propriedades dos materiais usualmente empregados nestas obras (tijolos e blocos produzidos sem controle de qualidade rigoroso) e a identificação de critérios mínimos de desempenho podem auxiliar os profissionais e usuários envolvidos neste processo e

embasar a regulamentação de um sistema construtivo simples, compatível com as poucas ferramentas e equipamentos comumente utilizados, que possa ser executado por mão de obra com capacitação simples e tradicional, voltado exclusivamente às pequenas construções.

1.2 Objetivos

A Engenharia no Brasil vivencia uma época de revisão de normas, em que são incorporados novos conceitos e técnicas, tanto construtivas como de projeto. Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho é fornecer subsídios para a análise da viabilidade estrutural de se construir edificações de um ou dois pavimentos, constituídas de alvenaria de tijolos maciços e blocos cerâmicos (ditos de vedação) com função resistente.

A partir de 13 exemplos representativos de edificações térreas e assobradadas, calcula-se a resistência necessária da alvenaria para cada caso, empregando-se conceitos de dimensionamento das normas brasileira, britânica e europeia para alvenaria estrutural. Com a resistência dos componentes e prismas obtidos em ensaios com tijolos e blocos disponíveis na região, usualmente empregados nestas obras, comparam-se os valores teóricos e experimentais.

Outros objetivos específicos e complementares são:

- Estudar a influência do tipo de laje e da hipótese de distribuição do carregamento vertical no dimensionamento das paredes;
- Comparar os principais procedimentos e os resultados do dimensionamento de edificações de pequeno porte (até dois pavimentos) das normas de alvenaria estrutural brasileira, europeia e britânica;
- Analisar a pertinência dos limites estabelecidos pela norma brasileira de alvenaria estrutural para este tipo de edificação, notadamente no que se refere ao valor máximo de esbeltez da parede e aos valores mínimos de resistência à compressão e espessura do componente.

1.3 Metodologia da pesquisa

Para alcançar os objetivos propostos, realiza-se uma revisão bibliográfica para identificar estudos similares já realizados, lacunas de conhecimento e disposições normativas. São analisadas as principais normas de projeto em alvenaria estrutural: NB 10837:1989 (norma brasileira), BS 5628:1992 (norma britânica) e Eurocode 6:1995 (norma da comunidade europeia). A primeira, apesar de não contemplar o tipo de obra estudada, é a única referência nacional para projetos em alvenaria estrutural. A segunda é

eventualmente utilizada no Brasil para o dimensionamento de alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, visto que a norma brasileira é específica para blocos de concreto. A terceira, por ser uma norma que incorpora as várias outras normas dos países membros da comunidade europeia, contempla algumas variações em relação à norma britânica. Ambas consideram o tipo de edificação estudada, fornecendo parâmetros para o uso de vários componentes: tijolo maciço e blocos vazados com furos na horizontal ou vertical (cerâmico ou de concreto). No entanto, ressalta-se que os elementos utilizados no tipo de obra estudada nem sempre contemplam as exigências normativas destes países. Todo este estudo embasa a análise teórica do trabalho.

Em seguida, apresentam-se os resultados referentes a ensaios em amostras de componentes típicos destas edificações para determinação das suas principais características (principalmente da resistência) e posterior comparação com os requisitos necessários.

Posteriormente, são selecionados exemplos representativos de projetos (arquitetônicos) de edificações residenciais de pequeno e médio porte de um ou dois pavimentos (desde casas mais populares até residências de padrão mais elevado). Para cada exemplo se realiza o cálculo dos esforços atuantes e se quantifica a exigência da resistência da alvenaria como elemento estrutural para atender ao requisito de segurança, segundo critério similar ao das normas de alvenaria estrutural citadas.

Com isso, é possível avaliar a viabilidade e adequação do uso estrutural desses materiais nas alvenarias resistentes das edificações estudadas. Além disso, para contextualizar o processo de produção destas obras, se apresentam as técnicas de execução e alguns detalhes de projeto (laje, vergas, fundação, entre outros).

Ou seja, se estabelecem critérios de dimensionamento similares aos adotados nas edificações em alvenaria estrutural (cálculo racional), desprezando-se inicialmente as exigências da norma brasileira relativas ao componente (bloco de concreto, resistência mínima 4,5 MPa, espessura mínima 14 cm) e à parede (esbeltez máxima de 20). E verifica-se, baseado na normalização internacional, se os tijolos/blocos empregados atendem aos requisitos de desempenho estrutural, tais como são produzidos no Brasil.

1.4 Estrutura da dissertação

No capítulo 1 apresentam-se os conceitos básicos da alvenaria e seus componentes, as principais normas, os objetivos, justificativa e metodologia empregada.

No capítulo 2 se apresentam os detalhes das edificações que são objeto deste estudo, mostrando-se os processos construtivos, as técnicas e as recomendações para a execução das alvenarias, caracterizando-se a tipologia apresentada.

No capítulo 3 se analisam os conceitos básicos de dimensionamento da alvenaria. São apresentadas diversas hipóteses de distribuição dos carregamentos verticais e as formulações das prescrições normativas da NB (norma brasileira), BS (norma britânica) e EC (norma da comunidade européia), principalmente para alvenaria comprimida.

No capítulo 4 é apresentado o estudo experimental, quando foram ensaiados os componentes usualmente empregados, para obter a resistência à compressão das unidades e prismas.

No capítulo 5, a partir de um exemplo ilustrativo, são investigados detalhadamente os diversos parâmetros importantes para o cálculo: tipo de laje, tipo de distribuição do carregamento vertical, consideração de paredes extensas subdivididas ou não, espessura da parede, entre outros. Também se apresentam, com detalhes, o dimensionamento de algumas paredes segundo as três normas estudadas.

No capítulo 6 apresentam-se outros doze exemplos, com o objetivo de compor uma amostra representativa e identificar valores de resistência para o tipo de obra estudada (térrea e sobrado) e para os componentes usualmente empregados (tijolo maciço, bloco cerâmico de 8 e 9 furos).

No capítulo 7 é realizada uma análise dos resultados do dimensionamento e são comparados os valores de resistência obtidos nos ensaios com os valores da resistência necessária obtidos no dimensionamento de cada exemplo.

No capítulo 8 são apresentados os comentários finais sobre os temas abordados. Discute-se a viabilidade das alvenarias executadas com estes componentes atuando como elemento estrutural (alvenaria resistente) e apresentam-se propostas para novos estudos.

2. A CONSTRUÇÃO EM ALVENARIA

A alvenaria pode ser definida como sendo o conjunto formado por tijolos ou blocos (unidades de alvenaria) ligados entre si por juntas de argamassa (material ligante) – Sabatini (2002). Resumidamente, a alvenaria é o conjunto de dois elementos: unidades de alvenaria e material ligante, ou seja: blocos e argamassa.

Os blocos e tijolos são responsáveis pelas principais propriedades da alvenaria (resistência, isolamento térmico e acústico, peso, etc.). Segundo Siqueira Tango (1990), as propriedades dos tijolos e blocos estão relacionadas com: aspecto; dimensões; esquadro; planeza; absorção de água; umidade; retração por secagem; massa específica (densidade) e resistência à compressão.

A argamassa tem a função de unir os tijolos e blocos entre si, para formar um todo monolítico (Davison citado por Sabbatini, 1998a). Ela é um composto entre aglomerantes (cimento e cal) e agregados (areia). Os principais parâmetros da argamassa são: trabalhabilidade; retenção de água; velocidade de endurecimento; retração na secagem; aderência; elasticidade e resistência à compressão.

Em uma edificação, a alvenaria pode desempenhar varias funções. Suas principais propriedades são: isolamento e conforto (visual, acústico e térmico); estanqueidade (água, ar e vento); segurança (privacidade, invasão); estrutural; decoração; durabilidade; construtibilidade. Neste trabalho interessam principalmente as propriedades relacionadas ao uso estrutural da alvenaria.

No que se refere aos requisitos exigidos para os materiais cerâmicos para uso como vedação, as especificações dos componentes podem ser subdivididas em características visuais, geométricas ou dimensionais, resistência à compressão e absorção de água.

As exigências sobre as características visuais referem-se àquelas que podem ser observadas visualmente sem a necessidade de ensaios. As unidades não devem apresentar defeitos sistemáticos, tais como trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e desuniformidade de cor.

As exigências sobre geometria e exigências dimensionais referem-se às dimensões padronizadas dos elementos e suas variações. As exigências sobre resistência limitam-se à especificação da resistência à compressão dos componentes. A Tabela 2.1 apresenta a resistência mínima definida em cada norma, conforme a classificação do material.

Tabela 2.1 – Resistência à compressão

Material	Categoria / Classificação	Resistência à compressão
		(MPa)
Tijolo (NBR 7170)	A	1,5
	B	2,5
	C	4,0
Bloco (NBR 15270)	Para Blocos usados com furos na horizontal	1,5
	Para Blocos usados com furos na vertical	3,0

As exigências sobre absorção d'água (AA) dos elementos baseiam-se no índice de absorção, que representa a quantidade de água absorvida pelo material quando submerso durante 24h em temperatura ambiente. Para o bloco cerâmico a NBR 15270 limita a tolerância quanto à absorção de água entre 8% a 22%.

Apesar do grande número de obras executadas em alvenaria resistente, muitas edificações não utilizam os conhecimentos e as técnicas recomendadas típicas de alvenaria estrutural, tais como: critérios técnicos na escolha e seleção dos materiais; emprego de mão de obra especializada e treinada; e detalhes construtivos específicos (controle de juntas, emprego de vergas e contravergas, controle de cortes horizontais e verticais, entre outros) que, se observados, acarretam em maior durabilidade e resistência por parte das paredes.

Segundo Sabbatini (1998b), da década de 1960 até hoje a alvenaria sofreu mudanças significativas: a substituição de tijolo maciço por tijolo furado (bloco cerâmico), a diminuição da densidade superficial, o aumento do módulo de deformação, a diminuição da resistência da parede e a diminuição da espessura final. Isso exige uma atualização constante, de conhecimento e técnicas, dos profissionais envolvidos com a construção destas alvenarias.

2.1 Projeto de alvenaria

De uma forma geral, os projetos de alvenaria, segundo Lordsleem (2000), idealmente, devem conter:

- Especificação dos componentes de alvenaria: blocos e argamassas;
- Locação da primeira fiada;
- Planta de primeira e segunda fiada (sempre evitar terceira fiada);
- Elevação das paredes com identificação de aberturas, peças especiais, instalações, estrutura (ligações), etc.;

- Características das juntas verticais e horizontais (espessura e tratamento);
- Juntas de controle (especificação, posicionamento e detalhamento);
- Amarração entre paredes;
- Definição quanto ao uso de vergas e contravergas;
- Definição quanto ao uso de grautes horizontais e verticais;
- Armações (para alvenarias estruturais);

O detalhamento da alvenaria confrontado com os demais projetos (estrutura e instalações) é ferramenta poderosa para análise de interferências. O uso do projeto de alvenaria para verificação e compatibilização com os demais projetos contribui para a racionalização e economia da edificação.

O conceito de modulação é típico dos processos construtivos em alvenaria estrutural, mas não das obras estudadas neste trabalho. Nestas obras, observa-se que o ajuste de medidas é realizado pelo corte do componente (normalmente gerando perda) ou pelo aumento na espessura da junta de assentamento (tanto vertical como horizontal).

Amarração direta significa o assentamento dos componentes de alvenaria de modo que as juntas verticais fiquem descontínuas, ou seja, os blocos ficam escalonados. O termo amarração entre paredes significa interligação de uma parede com outra que a intercepta, de modo que ambas possam estar solidarizadas, formando um conjunto.

A utilização de unidades modulares facilita a amarração entre as paredes. Quando não é possível, podem-se utilizar peças especiais com comprimentos específicos que façam o ajuste da modulação. Uma alternativa é utilizar amarração indireta com junta a prumo, garantindo-se a ligação entre paredes por meio de elementos metálicos. Outra opção de amarração indireta é a utilização de pilaretes de amarração (preenchimento com graute do espaço da intersecção das paredes). A amarração indireta é uma ligação menos eficiente em relação à interação de forças entre paredes.

A ligação entre as paredes é importante para a interação do conjunto, ou seja, fornece condições para que quando uma parede seja solicitada, as demais paredes do conjunto também o sejam. A utilização de amarração direta é preferível, pois dispensa outros elementos, tais como graute e armaduras.

A utilização de pilaretes de amarração é prática comum tanto em alvenarias de tijolos maciços como de blocos cerâmicos. A resistência da ligação é função do atrito entre os elementos (quando não é utilizado reforço metálico). Para os blocos cerâmicos assentados

com furos na horizontal ocorre o preenchimento de parte desses furos pelo graute, fazendo a resistência da ligação ser também função da resistência ao cisalhamento dos trechos horizontais preenchidos. O tipo de obra estudada neste trabalho compreende principalmente situações de amarração direta entre as paredes, embora também seja comum a utilização de pilaretes de amarração.

2.2 Argamassa de assentamento e revestimento

Normas internacionais de projeto de alvenaria estrutural classificam a argamassa de assentamento em função da sua resistência à compressão. Algumas indicam a dosagem e a resistência esperada, como é o caso da norma americana ASTM C-270 e da norma britânica (BS). A NB contempla a argamassa apenas pela sua resistência, que é parâmetro para a definição das tensões admissíveis de prisma. As normas ASTM C-270 definem dosagens com resistência a compressão entre 2,5 a 17,5 MPa, e a norma BS entre 1,5 a 16,0 MPa.

Usualmente empregam-se traços em volume de 1:3 (aglomerante:agregado). Os traços “mais fortes” (>15,0 MPa) utilizam entre 0 a ¼ de cal para 1 de cimento e os “mais fracos” (<2,0 MPa) utilizam entre 1,5 a 2,5 de cal para 1 de cimento. A quantidade de agregado (areia) é sempre próxima a três vezes a quantidade de aglomerante (cimento e cal)

A Tabela 2.2 reproduz as recomendações de Siqueira Tango (1990) para dosagens iniciais (traços empíricos). O teor água/cimento deve ser especificado conforme as características desejadas de trabalhabilidade e aderência da argamassa.

Tabela 2.2 – Traços empíricos de argamassa de assentamento. Siqueira Tango (1990)

Uso	Traço em volume		
	Cimento	Cal	Areia úmida
Alvenaria Estrutural	1	• 0,25	• 4,15
Locais sujeitos à umidade constante (subsolos/paredes externas sem beiral)	1	0,20	3,6 a 4,8
Locais sujeitos à umidade intermediária (paredes externas revestidas e/ou com beiral)	1	0,50	4,5 a 6,0
Locais abrigados (paredes internas)	1	1,00	6,0 a 8,0

2.3 Junta horizontal

A junta horizontal (ou junta de assentamento) tem a função de ligar as unidades de alvenaria, formando um conjunto e transferindo esforços de compressão e cisalhamento. A Tabela 2.3, reproduzida de Gallegos citado por Massetto (2001), apresenta o efeito da alteração da espessura da junta na resistência de prisma. A modulação padrão de alvenaria estrutural prevê juntas horizontais e verticais de 1 cm (10 mm).

Tabela 2.3 – Efeito da espessura sobre a resistência. Gallegos citado por Massetto (2001)

Espessura da junta (mm)	6	9	12	15	18
Relação entre resistência do Prisma	1,15	1,00	0,84	0,70	0,50

Observa-se que o uso de juntas horizontais de 15 mm reduz a resistência da alvenaria em 30%, quando comparadas com juntas de 9 mm. Isto é um fator importante que muitas vezes é ignorado nas obras. Observa-se normalmente que a espessura da junta gera uma preocupação maior com o consumo de material (cimento) do que com a resistência final da alvenaria. É comum, nas obras estudadas, a utilização de juntas em torno de 15 mm. O uso de juntas menores, próximas a 10 mm (como recomendado para alvenaria estrutural), é dificultado por vários fatores, entre eles a irregularidade da unidade de alvenaria, a falta de ferramentas apropriadas, a falta de treinamento da mão de obra e, principalmente, pela tradição do uso de juntas mais espessas, desconhecendo-se a diminuição de resistência decorrente deste fato.

2.4 Junta vertical

O não preenchimento da junta vertical com argamassa (junta seca) é justificado por uma produtividade maior durante a execução da alvenaria, pela economia de argamassa e pela minimização dos efeitos de retração.

Lordsleem (2000) orienta que as alvenarias de vedação devem ser executadas com amarração (sem junta a prumo) e ter a junta vertical não preenchida. Porém, cita os seguintes casos onde ela deve ser preenchida: nas fiadas de marcação e respaldo da alvenaria; no contato com pilares; nas intersecções de paredes; nas paredes submetidas a esforço cisalhantes ou de vento; nas paredes esbeltas; nas paredes com extremidade superior livre; nas paredes que serão muito seccionadas para o embutimento de instalações; e em trechos de paredes de comprimento inferior a um terço da altura.

Na Tabela 2.4 se mostra a influência do preenchimento ou não da junta vertical nas propriedades das alvenarias (Cavalheiro e outros, 2000).

Tabela 2.4 – Influência do preenchimento da junta vertical.

Propriedades	Preenchimento da junta vertical	Não preenchimento da junta vertical
Resistência ao Cisalhamento	Aumenta	Diminui
Resistência à flexão	Aumenta	Diminui
Isolamento Acústico	Aumenta	Diminui
Estanqueidade	Diminui	Aumenta

2.5 Junta de dilatação e de controle

Junta de dilatação ou junta de controle (também conhecida como junta de trabalho) é utilizada com o objetivo de aliviar as tensões resultantes de variações termo-higroscópicas em alvenarias de grande extensão. A junta de dilatação é utilizada quando a junta compreende toda a edificação; para um painel isolado de alvenaria é utilizada junta de controle.

A NB recomenda junta de dilatação a cada 20 metros em planta (para blocos de concreto). Gomes (1990) recomenda o espaçamento de 15 metros entre juntas de dilatação para alvenarias não armadas de bloco cerâmico e o uso de juntas de controle nos casos onde ocorre a variação brusca da altura, espessura ou direção da parede ou dos esforços verticais. As juntas de controle (contínuas ao longo de toda a altura da parede) devem permitir os movimentos para as quais foram projetadas e devem interromper 50% da armadura horizontal (quando houver). As barras de armadura e o graute entre o piso e a cobertura devem ser contínuos.

A Tabela 2.5 apresenta os valores para o espaçamento entre juntas de controle sugeridos por Gomes (1990) e a Tabela 2.6 os valores sugeridos por Lordsleem (2000).

Tabela 2.5 – Espaçamento entre juntas de controle. Gomes (1990)

	Espaçamento vertical das armaduras nas juntas (m)			
	1,20	0,60	0,40	0,20
Relação $\frac{\text{Comprimento } o(L)}{\text{Altura } (H)}$ da parede	2,0	2,5	3,0	4,0
Máximo comprimento da parede (metros)	12,0	13,5	15,0	18,0

Tabela 2.6 – Espaçamento entre juntas de controle. Lordsleem (2000)⁴

		Paredes externas				Paredes internas			
		Sem aberturas (m)		Com aberturas (m)		Sem aberturas (m)		Com aberturas (m)	
		junta vertical		junta vertical		junta vertical		junta vertical	
Tipo de componente	b (cm)	não preenchida	preenchida	não preenchida	preenchida	não preenchida	preenchida	não preenchida	preenchida
Concreto	<14	8	7	7	6	10	8	8	7
	•14	10	9	9	8	12	10	10	9
Cerâmico	<14	10	8	8	7	12	10	10	8
	•14	12	10	10	9	14	12	12	10
Concreto celular auto-clavado	<12,5	6	5	5	4	8	7	7	6
	•12,5	7	6	6	5	9	8	8	7
Sílico calcáreo	<14	7	6	6	5	8	7	7	6
	•14	9	8	8	7	10	9	9	8

O uso de juntas de dilatação ainda não é disseminado nas obras estudadas neste trabalho. Mesmo quando ocorre mudança abrupta na altura da parede, ou na ligação entre uma alvenaria existente e uma nova, ou ainda, na ligação entre a construção principal e os muros de divisa, quando alinhados, não se observa o uso sistemático de junta de dilatação. Eventualmente, em muros de divisa (mais extensos) ela é utilizada. Nos casos em que a junta de dilatação é executada, é comum o uso de junta seca. O tratamento da junta não é comumente executado, sendo observado em alguns casos que a junta de dilatação é ignorada no revestimento da parede (a junta não é transferida ao revestimento), o que propicia o surgimento de fissuras.

2.6 Vergas e contravergas

A existência de aberturas nas alvenarias na região dos caixilhos induz o aparecimento de tensões nos vértices, que podem originar fissuras.

A NBR 8545:1984 especifica que a altura das vergas e contravergas deve ser no mínimo igual a 10 cm e que deve exceder a largura do vão em pelo menos 20 cm de cada lado; e que para vãos maiores de 2,40 m elas devem ser calculadas como vigas. Para vãos

⁴ Lordsleem cita como fonte: Sílvia B. Melhado et al., in: Diretrizes para Elaboração do Projeto de Alvenaria de Vedação, p.24.

sucessivos e próximos (distância menor que 60 cm) recomenda-se utilizar uma verga única e contínua. A largura da verga é sempre a largura do bloco utilizado na alvenaria.

Lordsleem (2000) recomenda que o comprimento dos apoios seja função do vão e do bloco utilizado. A Tabela 2.7 apresenta o comprimento do apoio mínimo para as vergas e contravergas, segundo o componente de alvenaria utilizado. A Tabela 2.8 apresenta as técnicas usuais para a execução das vergas e contravergas, e quais seriam as mais recomendadas.

Tabela 2.7 – Apoio mínimo para vergas e contravergas. Lordsleem (2000)

	Bloco de concreto						Bloco cerâmico			
	Verga			contraverga			Verga		contraverga	
Comprimento da parede (m)	<6	6 a 8	>8	<6	6 a 8	>8	<8	8 a 12	<6	6 a 12
Vão (m)	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4	2,4 a 3	<2,4	<2,4	<2,4	<2,4
Apoio mínimo (m)	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4

Nas obras estudadas neste trabalho é comum a colocação de barras de aço na junta da argamassa na execução de vergas e contra-vergas, técnica popularmente chamada de tijolo armado. A recomendação do EC é de que, nestes casos, a altura do trecho de alvenaria sobre o vão seja maior que metade do vão.

Tabela 2.8 – Técnicas de execução de vergas e contravergas. Lordsleem (2000)

Técnica	Procedimento	Aplicação
Moldagem no local com formas de madeira	Técnica tradicional, consiste na moldagem no local da contraverga e da verga com fôrmas de madeira, interrompendo o processo de elevação da alvenaria.	Desaconselhável, pois não é possível a execução do transpasse necessário, implica em queda de produtividade e acarreta desperdícios de material e mão-de-obra.
Distribuição de barras de aço na junta de argamassa	Técnica tradicional, consiste na distribuição de barras de aço na argamassa quando da execução de pequenos vãos.	Desaconselhável, pois normalmente a argamassa empregada no assentamento de componentes de alvenaria é inadequada para promover a aderência com as barras de aço.
Moldagem no local com o emprego de blocos do tipo canaleta	Os blocos canaleta devem ser assentados ao se chegar com a elevação na altura do peitoril. Para casos comuns de aberturas de janelas, pode-se dispor duas barras de aço CA-50 de diâmetro 6,3mm; soltas no fundo da canaleta e preenchê-la com concreto de f_{ck} de 15 MPa.	Aconselhável, porém é ainda um procedimento que interrompe o processo de elevação da alvenaria e implica em queda da produtividade.
Pré-fabricação de vergas e contravergas	A peça pré-moldada é assentada como se fosse um componente de alvenaria, devendo-se tomar os mesmos cuidados relativos à elevação, como a verificação de prumo, nível e alinhamento.	Aconselhável, promove maior produtividade à elevação da alvenaria, principalmente quando ocorre a padronização dos vãos.

2.7 Patologia em alvenaria

A alvenaria tem boa resistência à compressão, mas não tem o mesmo desempenho para resistir às tensões de tração, cisalhamento ou flexão. São estes os esforços que normalmente provocam fissuras na alvenaria. No entanto, nem sempre essas fissuras significam problemas estruturais importantes.

Segundo Thomaz (1990), a fissuração, a formação de eflorescências, a penetração de água, o deslocamento de revestimentos e as alterações químicas dos materiais são as patologias mais comuns relacionadas, direta ou indiretamente, com as alvenarias.

Além das propriedades mecânicas das paredes, Thomaz (1998) lista outros fatores que podem contribuir para a formação de fissuras: geometria, rugosidade, porosidade; retração, aderência, retenção de água; esbeltez, travamentos (contraventamentos); amarrações, cintamentos; aberturas (disposição e tamanhos) e enfraquecimento provocados pelo embutimento de tubulações. Acrescentam-se aqui outros fatores que podem contribuir para a formação de fissuras: quantidade e espessuras de juntas verticais e horizontais, e ligações com outros elementos estruturais.

As principais causas de fissuras, segundo Thomaz (1998), são as causadas por movimentações higrotérmicas, pela atuação de sobrecargas, pela deformabilidade excessiva de estruturas de concreto armado, por recalque das fundações e por retração de produtos à base de cimento.

2.8 Resistência à compressão

Na análise da resistência à compressão, o mais importante é conhecer a resistência da parede como um todo (NBR 8949:1985). No entanto, este ensaio é pouco prático e de alto custo. No Brasil é utilizado em maior escala o ensaio de prisma (NBR 8215:1983), cujo resultado compreende o trabalho conjunto da unidade de alvenaria e da junta de argamassa. O ensaio mais comum, no entanto, é o da unidade (NBR 6460:1983; NBR 7184:1992; NBR 15270-3:2005), cujo resultado reflete apenas a resistência da unidade de alvenaria isolada.

Há uma correlação entre a resistência obtida no ensaio da unidade (f_b) e a resistência obtida no ensaio de prisma (f_p) ou no ensaio de parede (f_{alv}). Tal correlação é chamada de fator de eficiência. Assim, através do ensaio da unidade é possível estimar a resistência do prisma ou da resistência da parede para determinado tipo de alvenaria, desde que existam dados de ensaios anteriores sobre esta correlação. Registra-se que a resistência de prisma é o parâmetro de cálculo utilizado na NB para o dimensionamento de alvenaria estrutural e o principal critério de controle nas obras.

A Tabela 2.9 apresenta alguns fatores de eficiência (FE) obtidos por diversos autores. Observa-se uma grande variação nos fatores de eficiência em função de vários fatores, entre eles as dimensões e forma da unidade de alvenaria e espessura da junta.

Tabela 2.9 – Fator de eficiência. Camacho citado por Massetto (2001)

Componente	Fator de eficiência (FE)	Autor
Tijolo cerâmico	0,25 a 0,50	Sahlin (1971)
	0,10 a 0,40	Monk (1967)
Bloco de concreto	0,65 a 1,10	Sutherland (1981)
Bloco cerâmico	0,16 a 0,39	Gomes (1983)

A Tabela 2.10 apresenta um resumo da resistência das unidades e de fator de eficiência obtidos por vários autores. Os valores obtidos são muito diferentes pois referem-se a componentes de tamanhos e formas diferentes, o que torna difícil uma generalização.

Cavalheiro (1991; 1994) estudou o comportamento de alvenarias resistentes executadas com blocos cerâmicos de vedação da região de Santa Maria – Rio Grande do Sul. Observou que a resistência de uma alvenaria revestida foi 20% maior que a de uma parede não revestida, e que pequenas mudanças no sistema de produção dos componentes cerâmicos e maior conscientização do produtor podem dobrar a resistência à compressão dos componentes produzidos.

Oliveira e Roman (1994) ensaiaram blocos de vedação produzidos em Santa Catarina e na Bahia. Observaram que a maioria das amostras não possui as dimensões em conformidade com as normas brasileiras e que há grande variabilidade de dimensões. Observaram também uma tendência em se diminuir o tamanho do bloco, com o intuito de reduzir o custo. O material estudado se apresentou frágil, com perdas acentuadas no transporte, no manuseio e na abertura de rasgos para instalações.

Bastos e Marques (2002) avaliaram as características dos tijolos maciços cerâmicos produzidos na região de Bauru, estado de São Paulo. Verificaram que as amostras não atenderam às normas quanto à suas dimensões, mas apresentaram densidades adequadas e taxa de absorção de água satisfatória. Quanto à resistência à compressão, concluíram que as resistências mínimas de norma são extremamente baixas e não refletem as resistências dos tijolos da região.

Tabela 2.10 – Fator de eficiência (FE)

Componente	Resistências			Fator de eficiência		Autor
	f_b (MPa)	f_p (MPa)	f_{alv} (MPa)	f_p/f_b (%)	f_{alv}/f_b (%)	
Tijolo maciço	19,46	-	-	34,22	-	Prado (1995)
Tijolo maciço	8,96	8,41	6,14 ^(*)	91,86	68,53	Targa e Ballarin (1997)
		7,91	5,77 ^(*)	88,28	64,40	
		7,02	5,12 ^(*)	78,35	57,14	
Tijolo maciço	-	9,28	8,33	-	-	Cavalheiro (1994)
Tijolo maciço (c/ revestimento)	-	9,28	8,74	-	-	
Bloco cerâmico 10x14x20	2,29	1,66	1,38	72,49	60,26	
Bloco cerâmico 10x14x20 (c/ revestimento)	2,29	1,66	1,68	72,49	73,36	
Tijolo maciço (a vista)	9,01 a 13,73	-	-	-	-	
Tijolo maciço (comum)	5,20 a 17,56	-	-	-	-	Bastos e Márquez (2002)
Bloco cerâmico	1,60 a 2,20	-	-	-	-	Sposto e Perini (2000)
Bloco cerâmico 14x25x25	2,12	-	0,66	-	31,13	Massetto e Sabbatini (2000)
Bloco cerâmico 9x19x19	3,25	-	0,99	-	30,46	
Bloco cerâmico 11,5x14x24	3,37	-	0,74	-	21,95	Massetto (2001)
Tijolo de barro 15x10x20	3,59	-	0,30	-	8,35	

^(*) Valores de resistência obtidos por formulação teórica e não por ensaio.

Sposto e Penini (2000) avaliaram a qualidade dos blocos cerâmicos de vedação fornecidos no Distrito Federal – DF. Observaram que todas as amostras não atendiam às dimensões normatizadas. Os índices de absorção de água, apesar de estarem dentro dos limites de norma, eram muito próximos do limite superior máximo aceitável. Quanto à resistência, observaram uma desuniformização nos resultados obtidos. Concluíram que não houve, por parte dos produtores, uma preocupação com a identificação e padronização dos blocos.

Prado (1995) ensaiou diferentes unidades de alvenaria para diferentes traços de argamassa de assentamento. Concluiu que, além da resistência à compressão e da taxa de

esbeltez das unidades, outros fatores, como volume de argamassa, forma e geometria dos blocos exercem influência na resistência à compressão dos prismas e paredes.

Targa e Ballarin (1997) ensaiaram tijolos maciços cerâmicos produzidos na região de Conchas, Batovi e Rio Mogi, estado de São Paulo, para três diferentes traços de argamassa de assentamento. Concluíram que a variabilidade nas características de resistência de tijolos, inclusive para exemplares de um mesmo lote, dificulta a aplicação de formulações teóricas para a avaliação da resistência da alvenaria. O aumento na resistência da argamassa não é acompanhado na mesma proporção pela resistência da alvenaria.

2.9 Tipologia das obras

A tipologia da edificação estudada neste trabalho é representada por edificações residenciais de bairros de classe média a popular das cidades da região de Ribeirão Preto e São Carlos, interior do estado de São Paulo. São edificações térreas, eventualmente assobradadas, que empregam a alvenaria como estrutura. Quase sempre é documentada apenas por um projeto de prefeitura. O “dimensionamento” da alvenaria (quando existente) obedece apenas critérios estéticos e de conforto térmico. A unidade básica (bloco ou tijolo) é selecionada quase que aleatoriamente, ou então segue critérios culturais e econômicos.

Em grande parte dos casos a obra é conduzida pelo próprio proprietário, limitando-se, nestes casos, a participação do engenheiro responsável à etapa de execução do projeto de prefeitura, sem um acompanhamento efetivo da execução. Infelizmente este panorama é real, típico da realidade sócio-econômica do país, aliada a um baixo nível de educação. Também é comum a existência de pequenos empreendedores que constroem várias unidades similares, nem sempre simultâneas, onde eventualmente se observa alguma preocupação, ainda que limitada, com aspectos de racionalização e padronização.

Apresentam-se a seguir, de forma sucinta, os materiais e as técnicas característicos das obras aqui abordadas. Nestas obras muitos detalhes observados são conflitantes com procedimentos preconizados pelos processos construtivos em alvenaria estrutural (PCE), como, por exemplo, a ausência de controle na execução, de projetos de interface com as instalações, de mão de obra treinada, de modulação, entre outros. Além disso, tendo como referência a NB, há vários aspectos que não atendem aos dispositivos normativos, entre eles, o uso de unidade de alvenaria diferente do bloco de concreto, espessura da unidade menor que 14 cm, esbeltez da parede maior que 20, resistência mínima da unidade menor que 4,5 MPa, entre outros.

2.9.1 Fundação

Normalmente as estruturas de fundação são constituídas por brocas (estacas escavadas manualmente, com pequena profundidade) e vigas baldrame. O uso de fundação direta (tipo radier) é encontrado em alguns empreendimentos mais populares, onde há várias unidades semelhantes executadas simultaneamente, e quando o solo é compatível com esta solução.

O diâmetro das brocas é definido em função do equipamento disponível e do preço, sendo incomum a realização de sondagens e de cálculo específico. O diâmetro varia entre 20 e 25 cm. Quase sempre as brocas são posicionadas nos encontros das paredes, obedecendo ainda o critério de distância máxima próximo de 3,0 metros, para limitar o vão das vigas baldrames.

As vigas baldrames são executadas a partir da concretagem de uma canaleta dupla de tijolos maciços (seção 10x20 cm) ou a partir da escavação do terreno nas dimensões usuais de 20x30cm, normalmente empregando-se o terreno como fôrma, quando possível. Recentemente, observa-se também a utilização de uma fiada de bloco canaleta, preenchido com concreto.

Para a armadura das brocas há várias soluções, quase sempre empíricas, empregando-se entre 1 a 4 barras de ferro (diâmetro de 6,3mm a 8,0mm), com não mais que 2,0m de comprimento, para promover a ligação entre a broca e o baldrame. A armadura longitudinal da viga baldrame, quando de concreto armado, é constituída normalmente por 4 barras de aço com diâmetro de 8 ou 10 mm. Quando o baldrame é moldado em canaletas, é utilizada uma ou duas barras corridas, de diâmetro entre 6,3 e 10 mm (demonstrando o uso empírico desta solução).

É crescente a participação de empresas “especializadas” no serviço de perfuração das brocas, utilizando-se equipamento elétrico com trado contínuo ou à percussão, ao invés da tradicional e obsoleta escavadeira manual. Além de agilizar esta etapa da obra, viabiliza a execução de brocas de até 10 metros de profundidade, com vários diâmetros. Estas empresas são popularmente chamadas de furões.

Em algumas obras se executa uma alvenaria de embasamento, que recebe uma proteção impermeabilizante, para posterior prosseguimento na execução da alvenaria. Ela pode ser executada sobre as vigas baldrame, até o nível desejado do piso, facilitando a passagem das tubulações de esgoto.

A Foto 2.1 ilustra uma fundação constituída por brocas e baldrames, sem a utilização de formas (a), e outra fundação do tipo radier (b). Esta última solução exige que toda a

instalação hidráulica e elétrica, embutida no piso, seja posicionada antes da concretagem da laje radier. A Foto 2.2 ilustra a alvenaria de embasamento impermeabilizada sobre a viga baldrame, neste caso executada com forma. Normalmente o embasamento da parede é executado com a mesma unidade de alvenaria, rebocada e impermeabilizada.



(a)



(b)

Foto 2.1 – Fundação em brocas e Radier



(a)



(b)

Foto 2.2 – Vista do embasamento e alvenaria

2.9.2 Alvenaria

O tijolo de barro maciço é o material mais utilizado na execução das alvenarias nas edificações encontradas em bairros de classe média, entre outras razões, por ser considerado um material nobre. Nos bairros de classe popular, utiliza-se predominantemente o tijolo de 8 furos (9x19x19 cm), entre outras razões, por ser

considerado o produto mais econômico. Mais recentemente se observa o emprego do bloco cerâmico de 9 furos (11,5x14x24 cm). Os blocos de dimensões maiores (modulação de 30 ou 40 cm, típicos do PCAE), estruturais ou de vedação, ainda são pouco utilizados.

Praticamente inexistente preocupação com a modulação das paredes para melhor aproveitamento dos elementos e diminuição de quebras. O posicionamento e as dimensões de portas e janelas são definidos apenas por critérios arquitetônicos, não sofrendo ajustes em função do tamanho do tijolo ou bloco utilizado.

Em algumas obras, observa-se que as paredes externas são executadas na espessura de um tijolo inteiro (19 cm), e as internas na espessura de meio tijolo (9 a 10 cm). No entanto, pode-se observar uma tendência para que todas as paredes tenham a mesma espessura, normalmente de meio tijolo. O uso do bloco de 9 furos, neste sentido, permite a execução de paredes mais espessas (11,5 cm ou 14 cm) e vem sendo gradativamente mais utilizado.

Normalmente, a argamassa de assentamento é executada na obra, sendo praticamente inexistente o uso de argamassa industrializada para o assentamento da alvenaria. Eventualmente se observa o fornecimento de uma pré-mistura de areia e cal, adicionando-se na obra cimento e água para sua utilização – esta massa é popularmente denominada de massa pronta.

Na execução da alvenaria, observam-se alguns cuidados constantes e importantes, tais como manutenção de prumo, nível e alinhamento. Outros detalhes relevantes que influenciam nas características de resistência e durabilidade final da alvenaria passam despercebidos na maioria das obras, como o controle de espessura das juntas de assentamento.

O controle da junta de assentamento horizontal é realizado de tal forma que se contempla apenas o nível da alvenaria em execução. A sua espessura média é da ordem de 1,5 cm, podendo apresentar grandes variações no mesmo pano de alvenaria em função da falta de padronização nas dimensões do tijolo ou bloco ou da despreocupação com este detalhe. A junta vertical é realizada sempre quando se utiliza o tijolo maciço e às vezes quando se utiliza o bloco cerâmico (8 ou 9 furos).

A amarração entre paredes é realizada através de amarração direta ou de pilaretes de concreto nos encontros de paredes; amarração indireta com o uso de barras de ferro não é comum. O uso de uma ou outra forma é em parte função da unidade de alvenaria utilizada (tijolo ou bloco) e de aspectos “psicológicos” – afinal, a presença de um “pilar” de concreto, mesmo não trabalhando como pilar, resulta em sensação de segurança num ambiente de poucas informações.

Na elevação da alvenaria é comum a utilização de uma “cinta” de travamento intermediário, realizada com a colocação de uma barra de aço na junta de argamassa, normalmente à altura do peitoril das janelas, em todo o contorno da edificação, que também serve de contra verga. Nesta fiada se emprega argamassa de cimento e areia. Em outros casos observa-se apenas a utilização de vergas e contra vergas, de modo similar. É pouco comum a presença de elementos de concreto para cumprir esta função.

No armazenamento e durante a execução da alvenaria, não se verifica nenhum cuidado com a proteção do componente e da alvenaria contra as intempéries (sol, chuva, vento). A altura máxima da alvenaria executada em um mesmo dia é condicionada, na maioria das vezes, pela necessidade ou não de andaime para continuidade dos serviços.

Para o apoio da laje são usuais as seguintes alternativas: cintas de concreto armado, blocos preenchidos com graute ou nenhum procedimento específico, apoiando-se diretamente a laje sobre o componente (situação mais comum). Para o apoio de peças de madeira da estrutura do telhado normalmente não é realizado nenhum reforço na alvenaria (tipo coxim).

Na eventualidade da existência de vigas de concreto armado (típicas em regiões de garagem) perpendiculares à parede de apoio, utiliza-se um coxim de concreto para distribuição da carga, ou mesmo um pilar de concreto. Quando a viga de concreto apóia na direção da parede, é comum prolongar a viga de modo que a carga seja distribuída numa extensão maior da parede de apoio. Em alguns casos, observa-se uma estrutura em concreto armado (vigas e pilares) inserida na alvenaria (estrutura mista).

Apresenta-se uma seqüência de fotos (Foto 2.3 a Foto 2.10) de exemplos de edificações em alvenaria resistente, com diferentes tipos de unidades de alvenaria e detalhes construtivos, onde se observam algumas das características comentadas.

A Foto 2.3 mostra alguns exemplos de alvenaria de bloco cerâmico de 8 furos (9x19x19) e 9 furos (11,5x14x24). Observa-se o uso de amarração direta e indireta, cinta intermediária formada por tijolo armado e o apoio das lajes diretamente sobre a alvenaria; em alguns casos, assentamento dos blocos com os furos na vertical, preenchidos com graute.

A Foto 2.4 apresenta exemplos de alvenaria de tijolo maciço. Observa-se o uso de amarração direta e indireta, cinta intermediária formada por tijolo armado e o apoio das lajes diretamente sobre a alvenaria. Na Foto 2.4(a) foi utilizada uma viga em concreto armado apoiada de um lado em pilar de concreto armado e no outro num longo trecho de alvenaria. A altura da viga é tal que não houve necessidade de verga no caixilho da sala.



(a)



(b)



(c)



(d)

Foto 2.3 – Exemplo do uso de bloco cerâmicos - 8 e 9 furos



(a)



(b)

Foto 2.4 – Exemplo do uso de tijolo maciço

A Foto 2.5 apresenta exemplos de estrutura mista: existe uma estrutura de concreto armado, mas o arranjo é incompleto ou as dimensões são visivelmente insuficientes para

resistir aos esforços por si só. Na Foto 2.5(a), no primeiro pavimento as vigas de concreto armado se apóiam sobre a alvenaria e sobre os pilares de concreto armado. No segundo pavimento a laje se apóia diretamente sobre a alvenaria, que foi reforçada com 3 fiadas de tijolo maciço armado. A localização dos pilares coincide com o encontro das paredes.



(a)



(b)

Foto 2.5 – Exemplos de estrutura mista

A Foto 2.6 apresenta duas formas de execução das cintas de amarração. Na primeira cria-se uma canaleta no septo superior central do bloco de 9 furos, onde se aloja a barra de aço, posteriormente preenchido com argamassa ou graute. Na segunda, a barra de aço é alojada na junta de assentamento.



(a)



(a)

Foto 2.6 – Cinta em bloco - 9 furos

A Foto 2.7 mostra exemplos do tipo de obra estudada neste trabalho, ou seja, a utilização de tijolos maciços ou blocos cerâmicos, com amarração direta, sem a utilização de pilaretes de amarração. O apoio da laje sobre a alvenaria é feito sem a utilização de cintas de concreto. São vários padrões de construção, desde médio-alto padrão, Foto 2.7(c), até padrão popular Foto 2.7(d).



(a)



(b)



(c)



(d)

Foto 2.7 – Exemplos de alvenaria resistente

2.9.3 Laje e cobertura

Nestas obras as lajes são predominantemente pré-moldadas (formadas por elementos pré-moldados de concreto com armadura treliçada e elementos cerâmicos de enchimento, solidarizados por capa de concreto moldada no local). São apoiadas sobre cintas, reforços de alvenaria ou diretamente na alvenaria. O uso de lajes maciças é restrito a pequenos trechos de geometria irregular.

A cobertura é normalmente executada em estrutura de madeira pontaleada na laje (eventualmente com o uso de tesouras apoiadas nas paredes externas) e telhas cerâmicas. O suporte da caixa d'água é executado com travessas de madeira apoiadas sobre a laje, preferencialmente de comprimento tal que as pontas estejam apoiadas sobre paredes próximas, concentrando a maior parte da carga diretamente sobre as paredes.

A Foto 2.8 ilustra o reforço executado com bloco cerâmico de 9 furos: na última fiada (reforço para o apoio da laje) os blocos são assentados com os furos na vertical, preenchidos com graute.



(a)



(b)

Foto 2.8 – Reforço para apoio da laje

A Foto 2.9 ilustra a laje sobre uma viga que está apoiada sobre a alvenaria e pilar. A necessidade da viga é em função do vão da sacada, já que não existe parede para o apoio da laje. Na Foto 2.9(b) observa-se que nas paredes ao fundo da sacada (apoio da laje) há um reforço com 3 fiadas de tijolo maciço. O beiral é continuação da laje.



(a)



(b)

Foto 2.9 – Reforço para apoio da laje

A Foto 2.10 apresenta o sistema de apoio da cobertura e da estrutura suporte da caixa d'água, ambas pontalepada sobre a laje.



(a)



(b)

Foto 2.10 – Apoio do telhado

2.9.4 Revestimento externo e interno

O revestimento normalmente é realizado após a conclusão da cobertura e o assentamento dos caixilhos. O revestimento externo das paredes é realizado em argamassa (praticamente a mesma argamassa utilizada para o assentamento da alvenaria – mudando a especificação da areia, de média para fina), e posterior pintura com tinta látex. O uso de alvenaria à vista não é comum, e quando é utilizada, a unidade de alvenaria é o tijolo maciço (“tijolinho à vista”).

Nas obras sem beiras em laje, não se observa qualquer reforço no revestimento externo na altura da ligação da alvenaria com a laje de cobertura, para evitar a fissura horizontal característica da movimentação térmica da laje de cobertura, ou de sua rotação.

O revestimento interno normalmente também é argamassado, sendo regra nas áreas molhadas (para posterior revestimento cerâmico) ou para alvenaria de tijolo maciço. No caso dos blocos cerâmicos pode se utilizar revestimento em gesso, exceto nas áreas molhadas. O revestimento de teto é realizado tanto em gesso como em argamassa.

2.9.5 Instalações elétricas e hidráulicas

As instalações elétricas e hidráulicas são realizadas após a conclusão da laje de cobertura, na maioria dos casos antes da execução do revestimento interno. É predominante a técnica de rasgar as paredes com lixadeira elétrica para a passagem da tubulação, posteriormente “chumbada” (envelopamento da tubulação e o preenchimento do rasgo com argamassa de cimento e areia). Não existem cuidados quanto ao comprimento e

largura do rasgo e nem quanto à sua posição: horizontal ou vertical. É comum, em paredes de áreas molhadas, a existência de rasgos horizontais muito extensos.

Quando o componente da alvenaria é o bloco cerâmico de 8 ou 9 furos, é possível a passagem da tubulação horizontal de elétrica (usualmente com diâmetro de $\frac{1}{2}$ " e $\frac{3}{4}$ ") através dos furos (furos na horizontal), de forma que os rasgos da parede ocorram em trechos menores (20 cm), espaçados a cada 1 ou 1,5 metros. Para a tubulação horizontal de hidráulica o rasgo na parede é obtido pela quebra da parede de um ou mais gomos do bloco, enquanto para a tubulação vertical é necessário abrir passagem também pela argamassa de assentamento.

A Foto 2.11 mostra os cortes executados nas paredes para instalação elétrica ou hidráulica. Observa-se que após a colocação da tubulação o rasgo é preenchido com argamassa. Os rasgos horizontais são comuns e abundantes, muitas vezes comprometendo a espessura de uma parede em quase toda sua extensão.



(a)



(b)



(c)



(d)

Foto 2.11 – Cortes nas paredes para instalações

3. DIMENSIONAMENTO DA ALVENARIA

Neste capítulo são analisados os métodos utilizados para realizar a distribuição do carregamento vertical, considerando ou não a interação entre as paredes. Também se apresenta uma síntese do dimensionamento das alvenarias comprimidas segundo a norma brasileira NB, a norma britânica BS e a norma da comunidade européia EC, todas sobre alvenaria estrutural, detalhando-se os principais parâmetros que influenciam no dimensionamento e especificação da resistência de uma alvenaria ou da unidade de alvenaria.

A NB é específica para bloco vazado de concreto, o que limita a sua utilização a este material. As normas BS e EC abrangem outros tipos de unidades (tijolo, bloco de concreto, cerâmico, sílico calcáreo e pedra manufaturada ou natural). A norma britânica é referenciada na norma brasileira como documento complementar. Outras diferenças importantes entre as normas estão nos critérios de segurança, na análise da esbeltez e na resistência mínima necessária da alvenaria ou de seus componentes (blocos e argamassa).

3.1 Interação entre paredes

A utilização da alvenaria como elemento estrutural tem como principal conceito a transmissão de ações através de tensões de compressão (Ramalho e Corrêa, 2003). Desta forma, o carregamento aplicado sobre as lajes se distribui pelas paredes até a sua estrutura de apoio. Existe o consenso de que as paredes interagem, transferindo cargas de uma para a outra entre os pavimentos até o elemento da base que suporta a parede.

A NB não aborda a transferência de carregamento entre paredes interligadas; apenas registra que a distribuição de uma carga concentrada ou parcialmente distribuída é suposta repartida uniformemente em seções horizontais limitadas por dois planos inclinados a 45° sobre a vertical, passando pelo ponto de aplicação de cargas ou pelas extremidades da faixa de aplicação.

Ensaio de ligações entre paredes confirmam a interação entre as paredes. Silva (2003) verificou essa interação tanto em paredes com amarração direta como nas paredes com amarração indireta; Capuzzo (2000) observou a uniformização dos deslocamentos verticais no trecho inferior do painel de alvenaria para cargas até cerca de 75% da carga de ruptura.

Uma das formas de se considerar a interação entre as paredes é através do enrijecimento de uma parede por outras que a interceptam. A NB e as normas internacionais BS e EC consideram este enrijecimento através de uma espessura efetiva da parede, que é

a espessura real majorada em função das características das paredes enrijecedoras, ou através do aumento na inércia da parede (conceito de flanges), quando da análise dos esforços horizontais.

Outra forma de se considerar a interação entre as paredes é através da distribuição do carregamento vertical nas mesmas. Neste sentido, essa distribuição pode ser feita segundo vários métodos: paredes isoladas, grupos isolados de paredes, distribuição a 45°, grupos de paredes com interação, entre outros. Apresentam-se a seguir alguns destes métodos.

3.1.1 Paredes Isoladas

No método de paredes Isoladas não se considera a interação entre elas. O carregamento aplicado sobre uma parede permanece nela até a base. Limitam-se normalmente as paredes pelas aberturas (vãos) e pela mudança de direção. Este processo se aproxima da situação de carga nas paredes após a ruptura das ligações entre elas, fato que ocorre com carregamento próximo ao carregamento de ruptura da parede.

Como a especificação da parede (unidade a ser utilizada) é realizada pela parede mais carregada, o processo normalmente é favorável quanto à segurança, embora desfavorável quanto à economia. É comum obter-se trechos de parede com carregamentos elevados próximos a trechos de parede com carregamento reduzido, o que leva a distorções na estimativa do carregamento para as estruturas de apoio.

Recomenda-se o uso deste processo em edificações onde a amarração (ligação) entre as paredes é deficiente ou inexistente, ou quando a altura da edificação é insuficiente para possibilitar a interação entre as paredes. A distribuição do carregamento é obtida conforme a Equação 1.

$$q_i' = q_i \quad (1)$$

Onde, q_i carregamento atuante no topo do elemento i

q_i' carregamento interagido atuante na base do elemento i

3.1.2 Grupos Isolados

No método de grupos isolados as paredes interagem entre si dentro de um mesmo grupo, promovendo uma uniformização total do carregamento entre as paredes do grupo. Um grupo de paredes é normalmente formado por paredes limitadas pelas aberturas (vãos).

O processo de cálculo é aceito internacionalmente, segundo Ramalho e Corrêa (2003). Os grupos com apenas uma única parede apresentam comportamento similar ao de uma parede isolada. A distribuição do carregamento entre as paredes de um grupo é obtida conforme as equações 2 e 3.

$$q_m = \frac{q_1.l_1 + q_2.l_2 + \dots + q_n.l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} \quad (2)$$

$$q_i' = q_m \quad (3)$$

Onde, n número de componentes que interagem entre si
 q_i carregamento atuante no topo do elemento i
 l_i comprimento do elemento i
 q_i' carregamento interagido atuante na base do elemento i
 q_m carregamento médio atuante no grupo

3.1.3 Distribuição a 45°

Pelo método de distribuição do carregamento a 45°, considera-se que todas as paredes interagem com as paredes vizinhas dentro de um mesmo grupo, supondo-se um ângulo de espraiamento de 45° no caminhamento das cargas (Parsekian e Franco, 2002). O processo de cálculo é de maior complexidade do que os demais anteriormente citados, mas possui uma consistência física bem estabelecida, representando mais fielmente o comportamento real, pelo menos em serviço. Este método também pode ser adaptado para a consideração de outros ângulos na distribuição do carregamento. A Figura 3.1 exemplifica a forma do caminhamento da carga vertical pelo processo de distribuição a 45°.

A distribuição do carregamento entre duas paredes é realizada conforme a Equação 4. Quando uma parede interage com outras duas, a distribuição é realizada conforme a Equação 5. A Equação 6 representa a distribuição de uma parede que interage com n paredes.

O comprimento de influência de uma parede sobre a outra ($lu_{i,n}$) é definido em função do ângulo de espraiamento do carregamento. Para o ângulo de 45° o valor de $lu_{i,n}$ é o menor entre o comprimento e a altura das paredes envolvidas na distribuição. Estas equações são válidas quando $l_i = \sum lu_{i,n}$, sendo comum em pelo menos umas das paredes da interação.

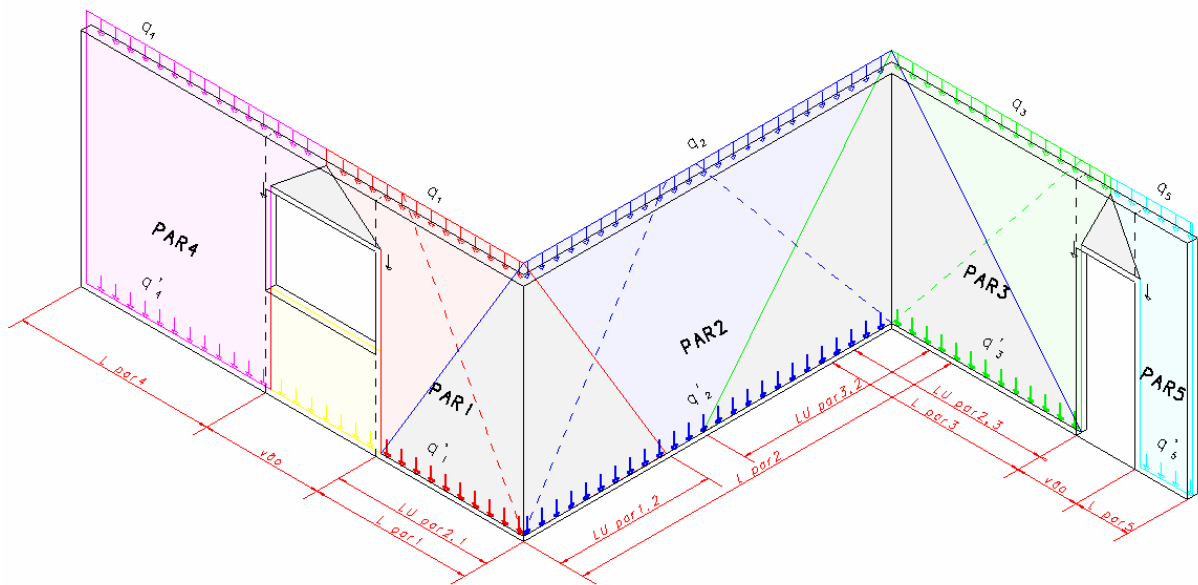


Figura 3.1 – Esquema da distribuição do carregamento

$$q'_i = \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_x}{2} \right) \frac{lu_{i,x}}{l_i} \tag{4}$$

$$q'_i = \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_x}{2} \right) \frac{lu_{i,x}}{l_i} + \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_y}{2} \right) \frac{lu_{i,y}}{l_i} \tag{5}$$

$$q'_i = \sum_1^n \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_n}{2} \right) \frac{lu_{i,n}}{l_i} \tag{6}$$

- Onde,
- q_i carregamento atuante no topo do elemento i
 - q_x carregamento atuante no topo do elemento x
 - q_y carregamento atuante no topo do elemento y
 - l_i comprimento do elemento i
 - q'_i carregamento interagido atuante na base do elemento i
 - $lu_{i,n}$ comprimento de influência da parede i na parede n .
 - $lu_{i,n}$ comprimento da parede i ;
 - $lu_{i,n} \bullet$ comprimento da parede n ;
 - altura das paredes (h).

Nos casos de interação entre mais de duas paredes o comprimento da parede analisada pode ser maior ou menor que a soma dos comprimentos de influência dela em relação às demais paredes ($l_i \bullet \sum lu_{i,n}$). Exigindo ajustes na formulação apresentada.

Quando $l_i > \sum l_{u_{i,n}}$, ou seja, quando o comprimento da parede é maior que a soma dos comprimentos de influência dela em relação às demais paredes, é necessário acrescentar à formulação acima a parcela $[q_i \cdot (l_i - \sum l_{u_{i,n}})] / (l_i)$, que corresponde ao trecho de carga que não participou da distribuição do carregamento na interação. Neste caso, as equações 4, 5 e 6 são substituídas pelas equações 7, 8 e 9.

$$q_i' = \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_x}{2} \right) \frac{l_{u_{i,x}}}{l_i} + \left(\frac{q_i \cdot (l_i - \sum l_{u_{i,n}})}{l_i} \right) \quad (7)$$

$$q_i' = \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_x}{2} \right) \frac{l_{u_{i,x}}}{l_i} + \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_y}{2} \right) \frac{l_{u_{i,y}}}{l_i} + \left(\frac{q_i \cdot (l_i - \sum l_{u_{i,n}})}{l_i} \right) \quad (8)$$

$$q_i' = \sum_1^n \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_n}{2} \right) \frac{l_{u_{i,n}}}{l_i} + \left(\frac{q_i \cdot (l_i - \sum l_{u_{i,n}})}{l_i} \right) \quad (9)$$

Quando $l_i < \sum l_{u_{i,n}}$, ou seja, quando o comprimento da parede é menor que a soma dos comprimentos de influência dela com as demais paredes, significa que toda a carga da parede está sendo distribuída com as paredes vizinhas. Neste caso, a parcela $(q_i / 2)$ da parede em questão deve ser substituída por $(q_i \cdot l_i) / (l_i + \sum l_{u_{i,n}})$. As paredes que interagem com esta parede também têm sua formulação alterada. As equações 10 e 11 apresentam a formulação da distribuição dos carregamentos para as paredes que interagem com uma parede x , sendo $l_x < \sum l_{u_{x,n}}$, para os casos de interação entre uma ou duas paredes, respectivamente. A Equação 12 apresenta a formulação da distribuição dos carregamentos para a parede x que interage com outras duas, sendo $l_x < \sum l_{u_{x,n}}$.

$$q_i' = \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_j \cdot l_x}{l_x + \sum l_{u_{i,x}}} \right) \frac{l_{u_{i,x}}}{l_i} \quad (10)$$

$$q_i' = \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_j \cdot l_x}{l_x + \sum l_{u_{i,x}}} \right) \frac{l_{u_{i,j}}}{l_i} + \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_y}{2} \right) \frac{l_{u_{i,y}}}{l_i} \quad (11)$$

$$q_x' = \left(\frac{q_i}{2} \right) \frac{l_{u_{x,i}}}{l_x} + \left(\frac{q_i}{2} + \frac{q_k}{2} \right) \frac{l_{u_{x,k}}}{l_x} + \frac{q_x \cdot l_x}{l_x + \sum l_{u_{i,x}}} \quad (12)$$

Uma variação do método é considerar a transferência de cargas também através das aberturas (vãos), entre paredes de grupos distintos, resultando num carregamento final teoricamente mais distribuído (mais uniforme). A possibilidade de distribuir o carregamento

através das aberturas (pela porção de parede entre aberturas de diferentes pavimentos) resulta em maior homogeneização, mas requer a existência de lintéis (vergas e contravergas) apropriados.

3.1.4 Grupo de paredes com taxa de interação

Pelo método do grupo de paredes com taxa de interação considera-se que as paredes interagem com as demais através de uma taxa de interação previamente atribuída (Ramalho e Corrêa, 2003). O processo de cálculo é simples e pode ser aplicado às paredes dentro de um mesmo grupo ou entre grupos distintos, considerando a interação através das aberturas. A taxa de interação representa o quanto da diferença de carga entre as paredes do grupo deve ser uniformizada. Assim, para uma taxa de 0% não é considerada a interação entre as paredes (paredes isoladas) e para uma taxa de 100% o carregamento é totalmente distribuído entre as paredes (grupos isolados de paredes). Ou, analogamente, podem-se empregar os grupos ao invés das paredes (interação entre grupos).

Este método permite a liberdade de utilizar a taxa de interação de acordo com o tipo de ligação entre as paredes, com as características das aberturas e com a quantidade de pavimentos. No entanto, a definição dos grupos ou paredes a interagir e a taxa a adotar para cada caso exige experiência do projetista.

3.2 Dimensionamento

Uma vez definido o carregamento vertical atuante sobre uma parede, conforme a hipótese de distribuição considerada, o dimensionamento consiste em especificar uma alvenaria que seja capaz de suportar este carregamento com uma margem de segurança pré-estabelecida. Neste item se apresentam os principais conceitos envolvidos nesta etapa, segundo as três normas citadas anteriormente.

O processo de dimensionamento deve contemplar três aspectos importantes: margem de segurança, características geométricas (vão, espessura e altura da parede) e resistência da alvenaria. O primeiro considera o quanto se conhece sobre o sistema e o quão distante da ruína se pretende dimensionar o conjunto. O segundo considera de que forma as características geométricas podem influenciar na resistência do conjunto; e o terceiro considera a capacidade de suporte de carga (resistência) da alvenaria, estimada a partir de ensaio.

3.2.1 Margem de segurança

A margem de segurança é representada pelos coeficientes de segurança que contemplam as incertezas sobre o método de cálculo utilizado, as variações ao longo do

tempo dos carregamentos aplicados e das resistências dos materiais empregados, e o quão distante da ruína (limite do material) se convencionou realizar o dimensionamento.

Os limites do material nem sempre são caracterizados pela sua ruína, mas também quando a estrutura apresenta desempenho inadequado às finalidades da construção. Na NB 8681:2003, que trata de ações e segurança nas estruturas, esses limites são denominados de estados limites de uma estrutura, e podem ser estados limites últimos (associados à resistência em ruptura) e estados limites de serviço (associados à utilização e durabilidade da estrutura).

A NB adota o método das tensões admissíveis. Aplica-se um único coeficiente de segurança sobre as tensões resistentes da alvenaria, obtendo-se uma tensão admissível que deve ser maior que as tensões atuantes na parede, conforme ilustrado na Equação 13.

$$S_{atuante} \leq S_{adm} = \frac{S_{resistente}}{g_{FS}} \quad (13)$$

A NB utiliza um coeficiente de segurança global de 5 para alvenaria não armada (5,56 no caso de pilares – trechos de parede com comprimento menor que 5 vezes a espessura).

As normas internacionais BS e EC adotam o método dos estados limites últimos, onde os coeficientes de segurança são aplicados separadamente sobre as tensões resistentes dos materiais e sobre as tensões atuantes, conforme ilustrado na Equação 14.

$$g_f \cdot S_{atuante} = S_{Sd} \leq S_{Rd} = \frac{S_{resistente}}{g_M} \quad (14)$$

A maior diferença entre os dois métodos está na possibilidade de aplicar coeficientes de segurança diferenciados, conforme o tipo de solicitação (cargas permanentes, acidentais, vento, etc...), simultaneidade de solicitações (combinações de carregamentos) e, principalmente, conforme as características do material, da mão de obra e do controle de qualidade da edificação. Outra característica do método dos estados limites é a consideração da análise na ruptura e em serviço, denominados respectivamente de estados limites últimos (ELU) e estados limites de serviço (ELS). Ou seja, dimensiona-se a estrutura

quanto à sua resistência e verifica-se o seu comportamento na utilização (deformação, abertura de fissuras, etc.).

A BS e o EC utilizam coeficientes de segurança para minorar a resistência dos materiais e para majorar as ações. Não há distinção entre o coeficiente de segurança aplicado para paredes e pilares. A Tabela 3.1 apresenta as combinações de ações previstas pela norma BS e os coeficientes de segurança aplicados para cada caso.

Tabela 3.1 – Coeficientes de segurança – sobre ações (g_f). BS

Combinação	Ação		Valor (g_f)
Permanente + Acidental	G_k	Permanente	$0,90^*$ ou 1,40
	Q_k	Acidental	1,60
	E_k	Empuxos	1,40
Permanente + Vento	G_k	Permanente	$0,90^*$ ou 1,40
	W_k	Vento	$1,40 W_k$ ou $0,015.G_k$ (o que for maior)
	E_k	Empuxos	1,40
Permanente + Acidental + Vento	G_k	Permanente	$0,90^*$ ou 1,20
	Q_k	Acidental	1,20
	W_k	Vento	$1,20 W_k$ ou $0,015.G_k$ (o que for maior)
	E_k	Empuxos	1,20
Dano Estrutural	G_k	Permanente	$0,95^*$ ou 1,05
	Q_k	Acidental	0,35 ou $1,05.G_k$ (quando depósitos)
	W_k	Vento	0,35

* Este valor é utilizado quando o efeito da ação é favorável a uma redução na solicitação total.

A Tabela 3.2 (Tabela 4 da norma BS) apresenta os coeficientes de segurança aplicados sobre o material em função da categoria do controle, tanto da fabricação quanto da execução. Quanto à categoria de fabricação, é considerada especial quando a resistência característica dos componentes de alvenaria é obtida pelo valor estatístico em que apenas 2,5% das amostras pode ter resistência menor que a resistência característica, além de possuir programa de qualidade cujos resultados dos componentes adquiridos confirmem esta exigência. É considerado normal quando são utilizados os critérios padronizados para a avaliação da resistência característica (quantil de 5%).

Tabela 3.2 – Coeficientes de ponderação – sobre materiais (g_M). BS

Categoria do controle de fabricação	Categoria do controle de execução	
	Especial	Normal
Especial	2,50	3,10
Normal	2,80	3,50

Quanto à categoria do controle de execução, ele é considerado especial quando existe especificação, supervisão, controle de execução e ensaios de compressão da argamassa a ser utilizada. É considerado normal quando a execução obedece às recomendações normativas e existem supervisão e inspeção da execução, sendo utilizados valores de resistência à compressão pré-estabelecidos. Se houver ensaio de resistência à compressão da alvenaria e não dos componentes isolados, os valores da Tabela 3.2 podem ser reduzidos pelo fator 0,90.

O EC apresenta coeficientes de segurança diferenciados sobre as ações, conforme a análise a ser realizada (isto é, se a verificação é de equilíbrio, resistência, deformação ou fadiga). A Tabela 3.3 (Tabela A1.2 C do texto base – Final Draft - da revisão do Eurocode 0:2001) apresenta os valores sugeridos, independente do sistema estrutural. Estes valores podem ser alterados pelos países membros de forma a contemplar particularidades regionais.

A Tabela 3.4 (item 2.4.3 do texto base – Redraft 9A - da revisão do Eurocode 6:2001) apresenta os coeficientes de segurança aplicados sobre o material em função da categoria da unidade de alvenaria (componente) e da classe de execução. O texto do Eurocode 6 ENV 1996-1-1 (EC) apresenta apenas os valores equivalentes às classes 1, 3 e 5 para as alvenarias executadas com materiais das categorias Ib e II, ou seja, o texto base de revisão acrescenta duas classes intermediárias e uma categoria, ampliando as opções para definição do coeficiente de segurança.

Tabela 3.3 – Coeficientes de segurança – sobre ações (g_f). Eurocode 0:2001

Combinação	Ação		Valor (g_f)
Permanente + Acidental	G_k	Permanente	1,00* ou 1,35
	Q_k	Acidental principal	0,00* ou 1,50
	Q_n	Acidentais secundárias	1,50x0,70=1,05

* Este valor é utilizado quando o efeito da ação é favorável a uma redução na solicitação total.

Tabela 3.4 – Coeficientes de segurança – sobre materiais (g_M). Eurocode 6:2001

Categoria da unidade da alvenaria	Classe de execução				
	1	2	3	4	5
Categoria I (a)	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
Categoria I (b)	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
Categoria II	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0

Os requisitos de cada classe de execução e de cada categoria de unidade são estabelecidos pelo país membro da comunidade europeia. Desta forma são contempladas as diferenças regionais entre os países.

Segundo Baio Dias (2002), as unidades de alvenaria (blocos e tijolos) são classificadas pela norma europeia EN771-1 como de categorias I ou II. São classificadas como de categoria I os elementos com tensão de compressão com nível de confiança superior a 95% e de categoria II os elementos que não cumprem o nível de confiança previsto para a categoria I.

A classe de execução se refere à categoria Ia quando a argamassa utilizada é monitorada com ensaios de pré-dosagem e controle de execução, e Ib quando a argamassa utilizada é definida através de traços pré-estabelecidos.

A classe de execução é definida segundo critérios específicos de cada país membro da comunidade europeia. Como exemplo, na norma espanhola experimental (UNE-ENV 1996-1-1:1997 – versão espanhola do EC) as exigências das classes de execução A, B e C (que corresponde às classes de execução 1, 3 e 5 da Tabela 3.4) são em função do controle de material e mão de obra no local da execução, podendo ser caracterizadas como apresentado na Tabela 3.5. As classes 2 e 4 são classificações intermediárias entre as demais, propostas pelo texto de revisão do EC, portanto, com características ainda não definidas pelos países membros. Os parâmetros definidos no Eurocode 6:2001 para definição das classes de execução são:

- Disponibilidade de profissional qualificado e experiente, empregado do executor, para supervisão dos trabalhos;
- Disponibilidade de profissional qualificado e experiente, independente do executor, para inspeção dos trabalhos;
- Disponibilidade de avaliar, no local, as propriedades da argamassa e do graute;
- O modo de dosagem (por volume ou peso) e preparo da argamassa.

Tabela 3.5 – Requisitos de cada classe de execução. Ávila Jr. et al (2006)

Classe	Requisitos
1	<ul style="list-style-type: none"> Especificação das unidades e argamassa a ser utilizada Controle tecnológico dos componentes antes da sua utilização Supervisão contínua por encarregado experiente e treinado Inspeção diária do engenheiro da obra
3	<ul style="list-style-type: none"> Supervisão contínua por encarregado experiente e treinado Inspeção diária do engenheiro da obra
5	<ul style="list-style-type: none"> Não se cumpre algum dos requisitos estabelecidos para a categoria 3

No Brasil, a norma relativa aos coeficientes de segurança é a NBR 8681:2003. Esta norma define os coeficientes de segurança sobre as ações e as combinações de ações para as verificações nos estados limites último e de serviço. Para as edificações tipo 2 (aquelas onde as cargas acidentais não superam 5 kN/m²) o coeficiente de segurança para as ações permanentes diretas e variáveis consideradas conjuntamente é $\gamma_f=1,4$. Para análise separada das ações, se estabelece $\gamma_{g1}=1,35$, $\gamma_{g2}=1,40$, $\gamma_q=1,50$ para as ações devidas ao peso próprio, permanentes e variáveis em geral (acidental), respectivamente.

Para o tipo de obra estudado os controles de materiais e execução são praticamente inexistentes. Desta forma, parece coerente adotar os valores máximos tabelados para os coeficientes de segurança aplicado sobre os materiais, ou seja, $\gamma_M=3,50$ (BS) ou $\gamma_M=3,00$ (EC).

3.2.2 Características geométricas

A resistência final da alvenaria é influenciada por vários fatores: resistência individual dos componentes; características dimensionais das unidades; espessura e quantidade de junta vertical e horizontal; esbeltez; aberturas; excentricidades do carregamento; e outros.

Entendem-se como características geométricas as relações entre comprimento, largura e altura da alvenaria; a excentricidade do carregamento; e os vínculos de apoio da base, do topo e laterais da alvenaria.

O comprimento das paredes é considerado na diferenciação entre parede e pilar, como comentado anteriormente. A NB considera pilar quando o comprimento da parede é igual ou menor a 5 vezes a sua espessura. A esbeltez (relação entre a altura e a espessura da parede) confere ao conjunto uma capacidade maior ou menor de resistir ao carregamento atuante. Quanto maior a esbeltez da parede, menor o carregamento admissível.

A NB limita, para o caso de alvenaria não armada, a esbeltez da parede (Equação 15) em no máximo 20. As normas BS e EC permitem uma esbeltez de até 27, embora o texto de revisão do eurocode (Eurocode 6:2001) permita chegar até 30 quando o dimensionamento contempla os carregamentos vertical e horizontal. Para espessuras de paredes menores que 9 cm e edifícios com dois ou mais pavimentos, a norma BS limita a esbeltez da parede em 20.

O pé direito (distância do piso ao teto) comumente empregado nas residências brasileiras é da ordem de 2,80 m. Assim, para atender aos limites de esbeltez, a espessura mínima da parede é de 14 cm pela NB, podendo chegar a 9 cm pelas normas BS e EC (ou ainda menor, caso a altura efetiva seja menor que a altura real, como se comenta adiante).

$$l = \frac{h}{t} = \frac{\textit{altura}}{\textit{espessura}} \quad (15)$$

Na interseção de paredes existe um efeito de travamento de uma parede sobre a outra. A NB prevê a consideração de trechos de paredes que interceptam outra parede como enrijecimento apenas para o dimensionamento dos esforços devido ao vento. No entanto, quando uma parede contém vários enrijecedores contínuos e espaçados a menos que 20 vezes sua espessura, este efeito é considerado equivalente a um aumento da espessura da parede. A este novo valor denomina-se espessura efetiva. Ou seja, paredes com enrijecedores podem ser consideradas como paredes simples de espessura tal que sua estabilidade seja semelhante à estabilidade da parede enrijecida.

O travamento ou não da parede no topo e na base (normalmente por uma laje) é considerado na determinação da altura efetiva (que pode ser maior ou menor que a altura real da parede). As normas NB, BS e EC apresentam formulação semelhante no caso de parede com enrijecedores. No caso da altura efetiva as considerações são diferentes, conforme se detalha a seguir.

3.2.2.1 Altura efetiva

A altura efetiva é o valor a ser utilizado para o comprimento de flambagem nas verificações de seções submetidas a esforços de compressão. O cálculo da altura efetiva leva em consideração o grau de restrição lateral da parede. O travamento da parede pode ser realizado por elementos estruturais rígidos em concreto armado, madeira ou outro material, tais como: laje, assoalho, telhado, outras paredes (travamento lateral), vigas, pilares e outros.

Para as paredes sem travamento no topo, a NB e a BS consideram a altura efetiva da parede como o dobro da sua altura real. Situação comum para muros e platibandas. Para os casos onde as paredes são travadas na base e no topo (a laje de concreto fornece este travamento), a BS e o EC admitem a possibilidade de reduzir a altura real, enquanto a NB não permite tal redução. Para os casos em que a parede tem travamentos na base, no topo e em uma ou ambas as laterais, as normas NB e BS são omissas, enquanto o EC permite considerá-los no cálculo da altura efetiva, contemplando, desta forma, que uma parede com travamentos nas laterais é mais estável do que uma parede com travamentos apenas no topo e na base.

A possibilidade de se trabalhar com uma altura efetiva menor que a altura real influencia na capacidade suporte da parede, visto que a esbeltez da parede é diretamente proporcional à altura.

A Equação 16 apresenta a forma de cálculo da altura efetiva. A notação r_n é típica do EC, e os coeficientes multiplicadores da altura podem assumir os valores de r_1 , r_2 , r_3 e r_4 , conforme o grau de restrição de apoio da parede. A Tabela 3.6 apresenta uma síntese das recomendações das três normas, assim como os valores para o fator r_n . A NB não contempla os casos correspondentes de r_3 e r_4 , e r_2 é sempre igual a 1. A norma BS não contempla os casos apresentados como r_3 e r_4 , e para pilares $r_2=1,0$.

Segundo a BS e o EC, o apoio da laje de concreto sobre a parede é considerado como uma restrição no topo da parede. Pisos de madeira e outros elementos devem ter detalhes específicos para promover esta restrição.

Segundo o EC, há uma relação entre o comprimento da parede (L) e sua espessura (t) para que as restrições laterais possam ser consideradas. Essas restrições laterais podem ser outras paredes, enrijecedores laterais ou pilares de concreto armado. Para que as paredes laterais sejam apropriadas para promover este travamento, devem possuir comprimento maior que um quinto da altura ($h/5$) e espessura maior que $0,3.t_{ef}$ (referidas à parede contraventada).

$$h_{ef} = r_n \cdot h \quad (16)$$

Tabela 3.6 – Fator da altura efetiva (r_n)

Grau de restrição	r_n	Valor	Observações
Livre no topo	r_1	2,0	-
Restringida no topo (NB, BS, EC)	r_2	0,75	BS: exceto para pilares EC: Para $e \leq 0,25.t$
		1,0	NB para paredes e pilares BS: para pilares EC: Para $e > 0,25.t$
Restringida no topo e em uma das laterais (EC)	r_3	$\frac{1}{1 + \left[\frac{r_2 \cdot h}{3 \cdot L} \right]^2} \cdot r_2 > 0,3$	Válido para $h \leq 3,5.L$ e $L < 15.t$
		$\frac{1,5.L}{h}$	Válido para $h > 3,5.L$ e $L < 15.t$
Restringida no topo e em ambas laterais (EC)	r_4	$\frac{1}{1 + \left[\frac{r_2 \cdot h}{L} \right]^2} \cdot r_2$	Válido para $h \leq L$ e $L < 30.t$
		$\frac{0,5.L}{h}$	Válido para $h > L$ e $L < 30.t$

3.2.2.2 Esbeltez e excentricidade

A NB quantifica a influência da esbeltez na resistência da parede na forma de um fator de redução. As normas BS e EC também adotam um fator de redução (identificado por b na BS e por Φ no EC), tabelado em função da esbeltez e da excentricidade da carga atuante na parede.

A Equação 17 apresenta o fator de redução devido à esbeltez adotado pela NB. Segundo Sánchez (2002), ele promove uma concordância entre os valores teóricos e os experimentais, desde que a espessura da parede seja de no mínimo 14 cm.

$$c = \left[1 - \left(\frac{h}{40t} \right)^3 \right] \quad (17)$$

Os valores tabelados dos fatores de redução b e Φ apresentam diferenças decorrentes do modo de consideração da excentricidade (topo, meio e base da parede) entre as normas BS e EC.

A Equação 18 apresenta a formulação de b no topo e na base da parede quando a unidade de alvenaria é um elemento sólido. Na região central da parede ou para unidade de alvenaria não sólida, o valor é tabelado em função da excentricidade e da esbelteza.

A excentricidade inicial do carregamento na parede (Equação 19) é a soma das parcelas correspondentes à excentricidade devida à aplicação de momento, ao deslocamento horizontal provocado pelo carregamento horizontal e à excentricidade acidental (no mínimo 5% da espessura da parede). A excentricidade acidental é calculada pela BS conforme a Equação 20.

$$b = \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] \quad (18)$$

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{hi} + e_a \cdot 0,05 \cdot t \quad (19)$$

$$e_a = t \cdot \left[\frac{1}{2400} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 - 0,015 \right] \quad (20)$$

Onde,

b	Fator de redução devido à esbelteza adotado pela norma BS;
e	Excentricidade do carregamento sobre a parede, pode ser inicial (topo ou base) ou média (no meio da altura) $\cdot 0,05 \cdot t$;
e_i	Excentricidade inicial, no topo ou na base da parede;
e_a	Excentricidade acidental;
t	Espessura real da parede;
t_{ef}	Espessura efetiva da parede;
h_{ef}	Altura efetiva da parede;

A norma BS permite calcular a excentricidade devido ao carregamento de uma forma simplificada (para os casos onde não é considerada a transferência de momentos da laje para a parede). Considera-se que o carregamento da laje não é aplicado no centro da parede e sim a um terço ou a um sexto da face da parede, para os casos em que a parede recebe laje apenas em uma face ou em ambas, respectivamente (como detalhado adiante). Esta excentricidade varia de zero (na base) até o valor calculado (no topo). Na região central (quinto central da parede) o valor é de 60% do valor no topo.

Para a verificação na região central da parede, a norma BS recomenda adotar como excentricidade total o que for maior: a excentricidade inicial ou 60% da excentricidade inicial mais a excentricidade acidental. A excentricidade acidental é considerada nula no topo e na base, sendo máxima na meia altura da parede. Desta forma, devem ser realizadas três

verificações: A primeira no topo da parede, com a excentricidade inicial total; a segunda na região central, com 60% da excentricidade inicial mais a excentricidade acidental (ou a excentricidade inicial – o maior deles); e a terceira na base da parede, com a excentricidade mínima de $0,05t$.

Para alvenarias executadas com unidades sólidas (tijolo maciço, por exemplo) e com excentricidade total maior que $0,05t$, permite-se calcular o valor do fator Φ conforme a Equação 18 acrescido em 10% (para o topo e base da parede). Este acréscimo também é válido para as alvenarias executadas com blocos vazados quando se utiliza a resistência característica por área líquida, ou quando há o preenchimento com graute, formando um elemento sólido.

Pelo EC, igualmente três verificações são necessárias. A primeira no topo da parede, com Φ calculado conforme a Equação 21 e a excentricidade conforme a Equação 22, para os esforços correspondentes ao topo da parede. Na segunda verificação o valor de Φ é tabelado, e a excentricidade é calculada com os esforços atuantes no quinto central da parede. A terceira é na base da parede com Φ calculado conforme a Equação 21 e a excentricidade conforme a Equação 22, para os esforços na base da parede. A Equação 23 apresenta o cálculo da excentricidade acidental, considerada constante ao longo de toda a altura da parede.

$$\Phi = \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] \quad (21)$$

$$e = \frac{M_d}{N_d} + e_{hi} + e_a \cdot 0,05.t \quad (22)$$

$$e_a = \frac{h_{ef}}{450} \quad (23)$$

Onde,

- Φ Fator de redução devido à esbeltez adotado pelo EC;
- e Excentricidade do carregamento sobre a parede, pode ser inicial (topo ou base) ou média (no meio da altura) $\cdot 0,05.t$;
- e_i Excentricidade inicial, no topo ou na base da parede;
- e_{hi} Excentricidade devido ao carregamento horizontal;
- e_a Excentricidade acidental;
- t Espessura real da parede;
- h_{ef} Altura efetiva da parede;

A Equação 24 representa o cálculo da excentricidade no quinto central da parede e a Equação 25 o cálculo da excentricidade média com a consideração da fluência, que é dispensada quando as paredes são executadas com unidades cerâmicas ou pedra natural independente da esbeltez, ou qualquer material e esbeltez menor que 15.

$$e_m = \frac{M_{md}}{N_{md}} + e_{hm} + e_a \quad (24)$$

$$e_{mk} = e_m + 0,002 \cdot q_{\infty} \cdot \frac{h_{ef}}{t \cdot e_m} \cdot \sqrt{t \cdot e_m} \quad (25)$$

Onde,

- e_m Excentricidade no meio da altura da parede, • $0,05 \cdot t$;
- e_{mk} Excentricidade considerando a fluência, • $0,05 \cdot t$;
- e_{hn} Excentricidade devido ao carregamento horizontal;
- q. Coeficiente de deformação lenta;
 - entre 0,5 a 1,5 para materiais cerâmicos e,
 - entre 1,0 a 2,0 para materiais de concreto com agregado denso e,
 - entre 1,0 a 3,0 para materiais de concreto com agregado leve.

Observa-se, portanto, que, tanto pela BS como pelo EC, é necessário verificar a parede em três regiões (topo, meio e base). Para cada verificação podem existir carregamentos diferentes (peso próprio da parede), excentricidades diferentes e fatores de redução (b ou Φ) diferentes. Em edifícios de múltiplos pavimentos é comum uma única verificação na base da parede, com carregamento total, excentricidade mínima ($0,05 \cdot t$) e valor do fator de redução obtido por tabela. Isto ocorre porque nestes casos o carregamento devido aos pavimentos superiores é considerado centrado e de valor predominante, fazendo com que a excentricidade devido ao carregamento seja mínima. Isto pode não ocorrer em edificações com apenas um ou dois pavimentos (tipo de obra estudado). Assim, nestes casos, a verificação crítica (topo, meio ou base) pode ser diferente entre as várias paredes de uma edificação.

O EC define que o momento no topo da parede pode ser calculado de forma aproximada através do equilíbrio do nó que se pretende analisar, considerando o momento de engastamento da laje nas paredes e a rigidez dos elementos envolvidos (paredes e lajes). No Brasil, normalmente não é considerado o engastamento da laje na alvenaria, tanto no dimensionamento das lajes como no dimensionamento das paredes.

Em edificações com mais de um pavimento, nos andares inferiores a laje está travada pelas alvenarias do pavimento inferior e superior, vínculo suficiente para a consideração de um engastamento parcial entre estes elementos. No último pavimento, é comum que a laje esteja apenas apoiada sobre a alvenaria, onde pode não haver condições para a consideração do engastamento. Na Europa, devido às verificações para abalos sísmicos, é necessário que estas ligações sejam enrijecidas com armadura apropriada, o que torna a transferência de momentos da laje para os apoios uma prática de cálculo necessária.

Uma vez que o momento de engastamento entre a laje e a parede é ignorado, uma forma de se calcular a excentricidade inicial é considerar que o apoio da laje seja excêntrico, ou seja, a laje não se apóia no centro da parede e sim entre este e a borda, conforme recomendação da BS.

Para paredes que suportam lajes apenas de um lado, o ponto de aplicação do carregamento pode ser considerado a um terço da espessura ($t/3$), da face da parede que apóia a laje para o centro dela. Para paredes que apóiam lajes de ambos os lados, o ponto de aplicação do carregamento seria a um sexto ($t/6$) da face da parede para cada laje. A Figura 3.2, apresentada por Ramalho e Corrêa (2003), ilustra esta situação, e as equações 26 e 27 apresentam o cálculo dessas excentricidades, respectivamente.

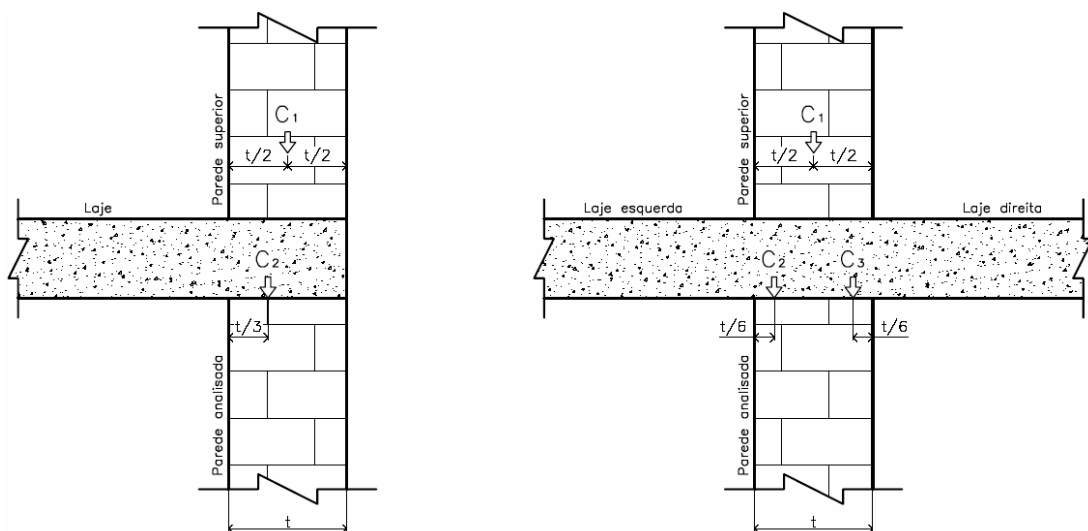


Figura 3.2 – Pontos de aplicação do carregamento da laje na parede

$$e_x = \frac{C_2 \cdot \left(\frac{t}{6}\right)}{C_1 + C_2} \quad (26)$$

$$e_x = \frac{(C_2 - C_3) \cdot \frac{t}{3}}{C_1 + C_2 + C_3} \quad (27)$$

A Tabela 3.7 reproduz a Tabela 7 da BS, que apresenta os valores do fator de redução b . Pode-se observar que para paredes muito esbeltas ($l > 24$) a resistência da alvenaria é diminuída em mais de 50% ($b < 0,50$).

Tabela 3.7 – Fator de redução (b), norma BS

Esbeltez (l)	Excentricidade no topo da parede (e_i)			
	$0,05.t$	$0,1.t$	$0,2.t$	$0,3.t$
0	1,00	0,88	0,66	0,44
6	1,00	0,88	0,66	0,44
8	1,00	0,88	0,66	0,44
10	0,97	0,88	0,66	0,44
12	0,93	0,87	0,66	0,44
14	0,89	0,83	0,66	0,44
16	0,83	0,77	0,64	0,44
18	0,77	0,70	0,57	0,44
20	0,70	0,64	0,51	0,37
22	0,62	0,56	0,43	0,30
24	0,53	0,47	0,34	-
26	0,45	0,38	-	-
27	0,40	0,33	-	-

A Tabela 3.8 reproduz a Tabela A.1 do EC, que apresenta os valores do fator de redução Φ_m .

Pode-se observar que, apesar de aparentemente utilizarem os mesmos conceitos, existem diferenças entre os valores da excentricidade e dos fatores de redução entre as normas BS e EC. A Tabela 3.9 apresenta um resumo da forma de se calcular a excentricidade e o fator de redução devido à esbeltez, pela BS e pelo EC.

Pela NB, o fator de redução contempla apenas o parâmetro de esbeltez, não sendo considerada excentricidade alguma na aplicação do carregamento, e é realizada apenas uma verificação, admitida na base da parede. A BS e o EC consideram um fator de redução, que é função do valor da excentricidade (do carregamento e acidental) e da esbeltez da parede.

Pela NB a excentricidade do carregamento é verificada indiretamente através das tensões limites de tração no bloco. Na verificação da parede (ou pilar) não armada com carga excêntrica (que geram tração nas paredes do bloco) deve ser calculada com seção fissurada, o que diminui a sua capacidade resistente.

Tabela 3.8 – Fator de redução (Φ_m), norma EC

Esbeltez (l)	Excentricidade (e_{mk})						
	0,05.t	0,10.t	0,15.t	0,20.t	0,25.t	0,30.t	0,33.t
0	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,34
1	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,34
2	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,34
3	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,34
4	0,90	0,80	0,70	0,60	0,49	0,39	0,33
5	0,89	0,79	0,69	0,59	0,49	0,39	0,33
6	0,88	0,78	0,68	0,58	0,48	0,38	0,32
7	0,88	0,77	0,67	0,57	0,47	0,37	0,31
8	0,86	0,76	0,66	0,56	0,45	0,35	0,29
9	0,85	0,75	0,65	0,54	0,44	0,34	0,28
10	0,84	0,73	0,63	0,53	0,42	0,32	0,26
11	0,82	0,72	0,61	0,51	0,40	0,30	0,24
12	0,80	0,70	0,59	0,49	0,38	0,28	0,22
13	0,79	0,68	0,57	0,47	0,36	0,26	0,20
14	0,77	0,66	0,55	0,45	0,34	0,24	0,18
15	0,75	0,64	0,53	0,42	0,32	0,22	0,16
16	0,72	0,61	0,51	0,40	0,30	0,20	0,15
17	0,70	0,59	0,48	0,38	0,28	0,18	0,13
18	0,68	0,57	0,46	0,35	0,25	0,16	0,11
19	0,65	0,54	0,44	0,33	0,23	0,14	0,10
20	0,63	0,52	0,41	0,31	0,21	0,13	0,08
21	0,60	0,49	0,39	0,29	0,19	0,11	0,07
22	0,58	0,47	0,36	0,26	0,17	0,10	0,06
23	0,55	0,44	0,34	0,24	0,16	0,08	0,05
24	0,52	0,42	0,32	0,22	0,14	0,07	0,04
25	0,50	0,39	0,29	0,20	0,12	0,06	0,04
26	0,47	0,37	0,27	0,18	0,11	0,05	0,03
27	0,45	0,35	0,25	0,17	0,10	0,04	0,02
28	0,42	0,32	0,23	0,15	0,08	0,04	0,02
29	0,40	0,30	0,21	0,13	0,07	0,03	0,01
30	0,37	0,28	0,19	0,12	0,06	0,03	0,01

Tabela 3.9 – Formas de consideração da excentricidade e fator de redução

Região de análise	BS		EC		
	e	b	E	f	
		tijolo maciço	bloco cerâmico		
Topo	e_x	$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right]$	tabela	$e_{topo} = \frac{M_{topo,d}}{N_{topo,d}} + e_a$	$\Phi = \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right]$
Meio	$0,6 \cdot e_x + e_a$ ou e_x			$e_{meio} = \frac{M_{meio,d}}{N_{meio,d}} + e_a$	tabela
Base	e_{min}			$e_{base} = \frac{M_{base,d}}{N_{base,d}} + e_a$	$\Phi = \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right]$

3.2.3 Resistência da alvenaria

A resistência da alvenaria é influenciada principalmente pela resistência da unidade (tijolo ou bloco) utilizada, mas também pela resistência da argamassa, espessura da junta horizontal, tamanho e forma da unidade, quantidade de fiadas, tipo de revestimento e outros. Na prática, é usual a especificação da alvenaria pela resistência da unidade (resistência do bloco - f_b), já que, efetivamente, compram-se unidades. No entanto, no dimensionamento o parâmetro de controle é outro (idealmente deveria ser a resistência da parede).

O dimensionamento pela NB adota a resistência média de prisma (f_p), enquanto as normas BS e EC adotam a resistência característica da parede (f_k ou f_{alv}). No Brasil, para se obter a resistência do bloco a ser comprado, a partir da resistência de projeto (usualmente resistência de prisma), emprega-se o fator de eficiência do bloco (FE). Ele fornece a relação entre a resistência do prisma e a resistência do bloco e que deve ser comprovado por ensaio.

Normalmente, a resistência do componente (f_b) é maior que a resistência de prisma (f_p), que por sua vez é maior que a resistência da parede (f_{alv}), ou seja, $f_b > f_p > f_{alv}$.

Deste fato, percebe-se que, supondo-se resultar um mesmo valor de resistência no dimensionamento pelas normas NB, BS e EC, a especificação do bloco seria diferente, visto que num caso se trata de resistência média do prisma (NB); noutros, de resistência característica da alvenaria (BS e EC).

A diferença entre resistência média e resistência característica reside no fato de que a resistência média é o valor da média entre os resultados de ensaio, enquanto a resistência

característica é o valor estatístico correspondente à expectativa de que apenas 5% dos resultados sejam menores que este valor.

A NB não define valores de eficiência para os blocos. Além disso, trata exclusivamente de blocos vazados de concreto. As normas BS e EC fornecem informações sobre a resistência esperada da alvenaria, conforme o tipo de unidade utilizado, sua resistência (f_b) e a argamassa utilizada.

A norma BS apresenta quatro tabelas que relacionam a resistência da alvenaria com a resistência da unidade e o tipo de argamassa utilizada. Uma específica para tijolos cerâmicos, duas para blocos vazados e uma para bloco sólido de concreto ou bloco vazado totalmente preenchido com graute.

As tabelas 3.10, 3.11, 3.12 e 3.13 reproduzem a tabela 2 da norma BS, onde são apresentados os valores de referência de resistência característica da alvenaria (f_{aliv}). As argamassas tipo (i), (ii), (iii) e (iv) são definidas em função da sua dosagem (traço).

Pela Tabela 3.10 observa-se que a resistência mínima considerada para os tijolos é de 5,0 MPa, e, neste caso, o fator de eficiência é em torno de 0,50. Para tijolos com resistência de 15,0 MPa e argamassa tipo (iv), o fator de eficiência é em torno de 0,30 – valor próximo aos apresentados por Camacho citado por Massetto (2001), e valores encontrados para tijolos maciços em outros ensaios brasileiros (Prado,1995; Cavalheiro,1994; Bastos e Márquez, 2002; Massetto, 2001) – embora os tijolos referidos pela BS tenham 9 cm de largura por 9 cm de altura (formato correspondente à resistência normalizada, e que através de fatores de ajuste pode ser convertida na resistência de unidades de dimensões diferentes).

Conforme a resistência do bloco aumenta, o fator de eficiência diminui. O fator de eficiência varia (segundo a Tabela 10 da BS) entre aproximadamente 0,50 ($f_b=5,0$ MPa) até 0,13 ($f_b=100$ MPa), para resistências de unidades crescentes.

A Tabela 3.11 apresenta valores de eficiência para blocos vazados, onde a relação entre a altura do bloco e a menor dimensão horizontal é igual a 0,60. A Tabela 3.12 apresenta valores quando esta relação varia entre 2 e 4. Para os blocos usuais do Brasil esta relação é da ordem de 1 a 1,36, ou seja, com valores intermediários entre as Tabelas 3.11 e 3.12 (a BS permite interpolação linear). Os valores da Tabela 3.13 correspondem a blocos sólidos de concreto ou blocos vazados de concreto preenchidos com graute.

Tabela 3.10 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) executada com tijolos*. BS

Argamassa	Resistência característica da unidade (f_b)								
	MPa								
	5	10	15	20	27,5	35	50	70	100
(i)	2,50	4,40	6,00	7,40	9,20	11,40	15,00	19,20	24,00
(ii)	2,50	4,20	5,30	6,40	7,90	9,40	12,20	15,10	18,20
(iii)	2,50	4,10	5,00	5,80	7,10	8,50	10,60	13,10	15,50
(iv)	2,50	3,50	4,40	5,20	6,20	7,30	9,00	10,80	12,70

* Tijolos de formado padronizado.

Tabela 3.11 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) com blocos vazados A*. BS

Argamassa	Resistência característica da unidade (f_b)							
	MPa							
	2,8	3,5	5,0	7,0	10	15	20	>35
(i)	1,40	1,70	2,50	3,40	4,40	6,00	7,40	11,40
(ii)	1,40	1,70	2,50	3,20	4,20	5,30	6,40	9,40
(iii)	1,40	1,70	2,50	3,20	4,10	5,00	5,80	8,50
(iv)	1,40	1,70	2,50	2,80	3,50	4,40	5,20	7,30

* Blocos com relação entre altura e menor dimensão horizontal igual a 0,60.

Tabela 3.12 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) com blocos vazados B*. BS

Argamassa	Resistência característica da unidade (f_b)							
	MPa							
	2,8	3,5	5,0	7,0	10	15	20	>35
(i)	2,80	3,50	5,00	5,70	6,10	6,80	7,50	11,40
(ii)	2,80	3,50	5,00	5,50	5,70	6,10	6,50	9,40
(iii)	2,80	3,50	5,00	5,40	5,50	5,70	5,90	8,50
(iv)	2,80	3,50	4,40	4,80	4,90	5,10	5,30	7,30

* Blocos com relação entre altura e menor dimensão horizontal entre 2 e 4.

Tabela 3.13 – Resistência de alvenaria (f_{alv}) com blocos de concreto*. BS

Argamassa	Resistência característica da unidade (f_b)							
	MPa							
	2,8	3,5	5,0	7,0	10	15	20	>35
(i)	2,80	3,50	5,00	6,80	8,80	12,00	14,80	22,80
(ii)	2,80	3,50	5,00	6,40	8,40	10,60	12,80	18,80
(iii)	2,80	3,50	5,00	6,40	8,20	10,00	11,60	17,00
(iv)	2,80	3,50	4,40	5,60	7,00	8,80	10,40	14,60

* Blocos sólidos de concreto ou blocos vazados de concreto preenchidos com graute.

Na BS não há nenhum comentário ou especificação que diferencie as resistências de paredes com blocos vazados de concreto e blocos vazados cerâmicos. No Brasil, os resultados mostram que eles apresentam fatores de eficiência muito diferentes, significativamente maiores para o bloco de concreto.

A Tabela 3.14 reproduz parte da Tabela 1 da BS, onde são apresentados os tipos de argamassa, sua dosagem e resistência média esperada. Os valores desta tabela são concordantes com os apresentados na Tabela 2.2 (capítulo 2, item 2.2). A NB especifica resistência mínima da argamassa de 5,0 MPa, enquanto a BS admite a utilização de argamassa de até 1,0 MPa (executada no local). Percebe-se, portanto, na BS, uma preocupação em fornecer diretrizes para situações onde as solicitações são reduzidas, típicas de edificações de um ou dois pavimentos.

Tabela 3.14 – Tipos de argamassa, segundo BS

Argamassa	Dosagem (Traço em volume)			Resistência média a compressão (MPa)	
	cimento	cal	areia	No Laboratório	No local
(i)	1	0 a ¼	3	16,0	11,0
(ii)	1	½	4 a 4,5	6,5	4,5
(iii)	1	1	5 a 6	3,6	2,5
(iv)	1	2	8 a 9	1,5	1,0

O EC apresenta uma formulação para a caracterização da resistência da alvenaria (f_{alv}) que depende do tipo de unidade utilizada (K), da resistência normalizada do bloco (f_b) e da resistência da argamassa (f_m), conforme a Equação 28 e Equação 29 (esta proposta no texto preliminar de revisão - Eurocode 6:2001). A diferença entre os resultados é entre 5% a 8% a maior para a formulação proposta no texto de revisão, dependendo da resistência do bloco e da argamassa considerados.

$$f_k = K \cdot f_b^{0,65} \cdot f_m^{0,25} \quad (28)$$

$$f_k = K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3} \quad (29)$$

A resistência normalizada (f_b) apresentada pelo EC se refere a uma unidade com dimensões 10x10x10 cm, seca ao ar. Para unidades com dimensões diferentes adota-se um fator de conversão (δ), tabelado em função da menor dimensão horizontal e da altura. Para

unidades saturadas (condição de ensaio) um outro fator de conversão (m_c) deve ser utilizado. A Equação 30 apresenta o cálculo da resistência normalizada (f_b) a partir da resistência da unidade fornecida pelo fabricante ($f_{b,\text{fabricante}}$) ou obtida em ensaio.

$$f_b = m_c \cdot f_{b,\text{fabricante}} \cdot d \quad (30)$$

A Tabela 3.15 reproduz a Tabela 3.2 do EC. Esta tabela não consta no texto preliminar de revisão (Eurocode 6:2001). O valor de m_c para condições saturadas, segundo Avilla Jr et al (2006), é 1,20.

Tabela 3.15 – Valores do fator δ

Altura da unidade (mm)	Menor dimensão horizontal (mm)				
	50	100	150	200	•250
50	0,85	0,75	0,70	-	-
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
•250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

* É permitida interpolação linear

O valor de K é uma constante que depende do tipo de bloco e do tipo e espessura da argamassa utilizada. A Tabela 3.16 reproduz parte da Tabela 3.3 do texto preliminar de revisão (Eurocode 6:2001).

Analisando-se os valores da constante K, verifica-se a diferença de resistência da alvenaria conforme a espessura da junta horizontal da argamassa de assentamento (a situação de junta de 3 mm não é comum no Brasil, mas é apresentada para ilustrar a influência da espessura da junta de assentamento). Observa-se ainda que as diferenças entre as unidades cerâmicas e de concreto são mínimas; fato registrado também na norma BS e não verificado nos ensaios realizados no Brasil.

A Tabela 3.17 apresenta os requisitos de cada grupo a que pertencem as diversas unidades de alvenaria, para utilização na Tabela 3.16, conforme as características dos furos verticais ou horizontais. As características relativas às dimensões e relações entre elas não são contempladas, como ocorre na BS. O EC ainda considera o caso da alvenaria

executada com unidade cerâmica assentada com furos na horizontal, situação usual nas obras objeto deste trabalho. Registra-se que nem sempre as unidades utilizadas nestas obras atendem às exigências normativas, quer seja para estrutura, quer seja para vedação.

Tabela 3.16 – Valores de K. Eurocode 6:2001

Unidade de Alvenaria		Argamassa usual	Argamassa fina Espessura • 3mm
Cerâmico	grupo 1	0,50	0,75
	grupo 2	0,45	0,55
	grupo 3	0,35	0,25
	grupo 4	0,30	Não usado
Concreto	grupo 1	0,50	0,80
	grupo 2	0,50	0,80
	grupo 3	0,30	Não usado
	grupo 4	0,30	Não usado
Sílico Calcáreo	grupo 1	0,50	0,80
	grupo 2	0,45	0,55
Concreto aerado autoclave	grupo 1	0,50	0,85
Pedra manufaturada	Grupo 1	0,50	0,75
Pedra natural	Grupo 1	0,50	Não usado

Tabela 3.17 – Requisitos geométricos das unidades de alvenaria. Eurocode 6:2001

	Tijolos	Blocos						
	Grupo 1	Materiais	Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
			Furos verticais				Furos horizontais	
Volume dos furos (% do volume total)	• 25%	Cerâmico	> 25%; • 55%		> 55%; • 70%		• 70%	
		Sílico calcáreo	> 25%; • 55%		Não usado		Não usado	
		Concreto	> 25%; • 50%		> 50%; • 70%		Não usado	
Volume de um furo (% do volume total)	• 12,5%	Cerâmico	Cada um dos múltiplos furos • 1% Conjunto • 12,5%		Cada um dos múltiplos furos • 1% Conjunto • 12,5%		Cada um dos múltiplos furos • 8% Com furos simples • 25%	
		Sílico calcáreo	Cada um dos múltiplos furos • 15% Conjunto • 30%		Não usado		Não usado	
		Concreto	Cada um dos múltiplos furos • 15% Conjunto • 30%		Cada um dos múltiplos furos • 1% Conjunto • 30%		Cada um dos múltiplos furos • 25%	
Espessura mínima da parede ao redor do furo (mm)	Não requerido		rede	casca	rede	casca	Rede	casca
		Cerâmico	5	8	3	6	6	8
		Sílico calcáreo	5	10	Não aplicado		Não aplicado	
		Concreto	15	20	15	15	20	20
Espessura combinada entre rede e casca (% d a largura)	Não requerido	Cerâmico	• 16		• 12		Não aplicado	
		Sílico calcáreo	• 20		Não aplicado			
		Concreto	• 20		• 15			

A título de comparação para a estimativa de resistência pelas três normas, considera-se um tijolo maciço, de dimensões 10x5x20 (cm), com resistência à compressão da unidade conhecida de 19,5 MPa, e fator de eficiência entre prisma e unidade igual a 0,25 (valor intermediário entre os apresentados na Tabela 2.9 do item 2.8).

Pela NB, a resistência de prisma estimada seria de 4,87 MPa. ($f_p=19,50 \cdot 0,25$). Pela BS, a resistência da alvenaria estimada seria de 5,10 MPa. (Tabela 3.10, argamassa iv). Lembra-se que existe um fator de ajuste para a dimensão do bloco e a dimensão padronizada, não aplicado neste exemplo. Pelo Eurocode 6:2001, a resistência da alvenaria estimada seria de 4,20 MPa, utilizando as equações 29 e 30, com $m_c=1,20$; $\delta=0,75$; $K=0,5$; $f_m=1,50$ (equivalente à argamassa iv).

Para o bloco cerâmico ensaiado por Cavalheiro (1994), apresentado na Tabela 2.10, com dimensões 10x14x20, resistência à compressão da unidade de 2,29 MPa, resistência de prisma de 1,66 MPa e resistência de parede de 1,38 MPa (obtidos em ensaio) e supondo-se que o bloco seja assentado com altura igual a 14 cm (furos na horizontal), a resistência estimada da alvenaria pela BS e EC teria os valores seguintes.

Pela BS, a resistência da alvenaria estimada seria de 2,20 MPa (interpolação entre a Tabela 3.11 e a Tabela 3.12, argamassa iv). Lembra-se que existe ainda um fator de ajuste, além do fato do assentamento com os furos na horizontal. Pelo Eurocode 6:2001, a resistência da alvenaria estimada seria de 0,76 MPa (utilizando as equações 29 e 30, com $m_c=1,20$; $\delta=1,16$; $K=0,3$; $f_m=1,50$). Ou seja, são necessários mais estudos para a previsão da resistência das alvenarias, com as unidades produzidas no Brasil.

3.2.4 Determinação da resistência de projeto

Resumidamente, a tensão admissível em uma parede é apresentada na Equação 31, onde FS representa o fator de segurança, f_{alvk} é a resistência da alvenaria e $F\{l\}$ é uma função que contempla a influência da esbelteza da parede. A diferença entre uma norma e outra está na forma de tratar cada um desses fatores.

$$f_{alv, adm} = FS \cdot f_{alvk} \cdot F\{l\} \quad (31)$$

3.2.4.1 Carga vertical uniformemente distribuída

O carregamento de uma laje sobre a parede ou de uma parede de um andar superior sobre outra parede do andar inferior é considerado um carregamento uniformemente distribuído.

A formulação proposta pela norma brasileira para a carga admissível sobre uma parede, com resistência média do prisma conhecido, é apresentada na Equação 32.

$$P_{adm} = FS \cdot f_p \cdot \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right] \cdot A \quad (32)$$

Onde,

- P_{adm} Carga máxima admissível sobre a parede;
- FS Fator de segurança;
(FS = 0,20 para paredes e 0,18 para pilares);
- f_p Resistência média do prisma
- h altura da parede (cm)
- t espessura da parede (cm)
- A Área da parede (comprimento x espessura)

A formulação proposta pela BS para verificação da resistência máxima de uma parede à compressão é apresentada na Equação 33. Lembra-se que neste caso a tensão máxima na alvenaria (f_{alv}) é a correspondente à tensão de cálculo ($f_{alv,d}$), que é a tensão de solicitação ($f_{alv,s}$) acrescida do fator de segurança (g_f).

$$f_{alv} = \frac{b \cdot f_k}{g_m} \quad (33)$$

Onde,

- f_{alv} Tensão solicitante admissível sobre a alvenaria ($f_{alv} = f_{alv,d} = g_f \cdot f_{alv,s}$);
- f_k Resistência característica da alvenaria (resistência necessária);
- b Coeficiente tabelado que depende da esbeltez da parede e da excentricidade da carga;
- g_m Coeficiente de segurança sobre o material.

A formulação proposta pelo EC para a mesma situação é apresentada na Equação 34.

$$f_{alv,d} = g_f \cdot f_{alv,s} = \frac{\Phi \cdot f_k}{g_m} \quad (34)$$

Onde,

- $f_{alv,s}$ Tensão solicitante sobre a alvenaria;
- $f_{alv,d}$ Resistência de cálculo da alvenaria;
- f_k Resistência característica da alvenaria;
- Φ Coeficiente tabelado que depende da esbeltez da parede e da excentricidade da carga (no topo, meio e na base da parede);
- g_f Coeficiente de segurança sobre as ações;
- g_m Coeficiente de segurança sobre o material.

4. TRABALHO EXPERIMENTAL

A caracterização da resistência consistiu no registro da resistência da unidade (f_b) e da resistência de prisma (f_p). Entre as amostras selecionadas, 3 foram de tijolos maciços (10x19x5), 1 de bloco cerâmico 8 furos (9x19x19), 1 de bloco cerâmico de 12 furos (14x19x19) e 1 de bloco cerâmico de 9 furos (11,5x14x24).

As amostras foram adquiridas em depósitos de materiais de construção, com o cuidado da seleção aleatória das unidades (visto que o processo produtivo dos tijolos resulta em unidades com diferentes características de queima e dimensões, podendo resultar em características diferentes de resistência).

A Foto 4.1 apresenta as unidades selecionadas para os ensaios. O tijolo maciço, por ser muito utilizado no tipo de obra estudado, foi representado por amostras de 3 fabricantes, enquanto que para os blocos cerâmicos a amostragem foi representada, para cada faixa de dimensão, por apenas um fabricante. Neste trabalho as amostras de tijolos maciços foram identificadas pelo fabricante (XXX, ASF e JRT) enquanto os blocos cerâmicos foram identificados pelas dimensões padronizadas (9x19x19, 14x19x19 e 11,5x14x24).



Foto 4.1 – Exemplos das unidades ensaiadas

4.1 Caracterização da resistência

Procura-se obter a resistência da alvenaria através da resistência da unidade, por correlação. No Brasil, isso é feito através do fator de eficiência; na Europa é utilizada uma resistência normalizada da unidade, a partir da qual se obtém, através de tabelas ou fórmulas, a resistência prevista da alvenaria.

Para a obtenção dos valores de resistência da unidade (f_b) foram produzidos 6 corpos de prova para cada material analisado. Para a obtenção dos valores de resistência

de prisma (f_p) foram produzidos 3 corpos de prova para cada material analisado. Apenas para o tijolo maciço XXX (o mais empregado na região) foram realizados ensaios com outra espessura da junta, com o revestimento da parede e com moldagem em obra. Para os tijolos maciços XXX e ASF e para o bloco cerâmico 11,5x14x24, também foi empregado um segundo traço da argamassa de assentamento.

4.1.1 Resistência à compressão da unidade (f_b)

Para a verificação da resistência à compressão simples das unidades ensaiadas foram preparados 6 corpos de prova para cada grupo de material ensaiado. Para o bloco cerâmico 11,5x14x24 também foi considerada a espessura de 14 cm (identificado como bloco cerâmico 14x11,5x24).

Os corpos de prova dos tijolos maciços foram preparados segundo a NBR 6460:1983. Os blocos cerâmicos, segundo a norma NBR 15270-3:2005. A Foto 4.2 ilustra os corpos de prova de tijolo maciço; a Foto 4.3 os corpos de prova de bloco cerâmico 9x19x19 e 14x19x19 e a Foto 4.4 os corpos de prova de bloco cerâmico 11,5x14x24 e 14x11,5x24, imediatamente antes do ensaio.

Para o ensaio, os corpos de prova foram imersos em água durante 24 horas e enxugados superficialmente; realizou-se a medição da face de trabalho (espessura e comprimento) e a aplicação da carga foi progressiva, à razão aproximada de 500 N/s.



Foto 4.2 – Corpos de prova – tijolos maciços

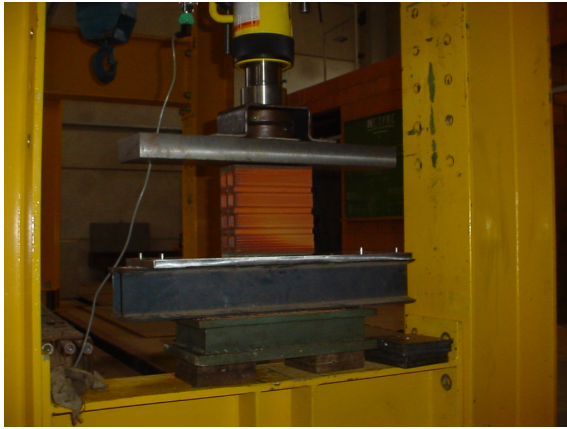


Foto 4.3 – Corpos de prova – blocos cerâmicos 9x19x19 e 14x19x19

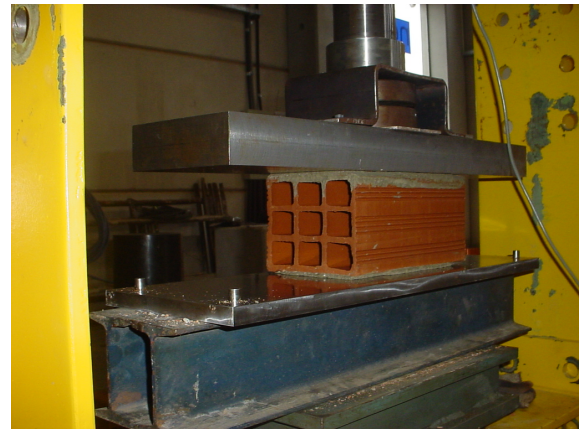


Foto 4.4 – Corpos de prova – blocos cerâmicos 11,5x14x24 e 14x11,5x24

A Tabela 4.1 apresenta o resumo das resistências obtidas para os materiais ensaiados. No apêndice A (item A.1 – Tabela A.1 a Tabela A.7) são apresentados os resultados dos ensaios de todos os corpos de prova.

Como esperado, os tijolos maciços apresentaram resistência muito maior do que a dos blocos cerâmicos, maior inclusive do que o valor de referência da classe de tijolos mais resistentes prevista na NBR 7170:1983 (4,0 MPa). A norma britânica apresenta resistência mínima de 5,0 MPa para os tijolos maciços.

Entre os blocos cerâmicos, apenas o de 11,5x14x24 apresentou resistência acima do mínimo determinado pela NBR 15270-1:2005 (1,50 MPa). Os blocos cerâmicos 9x19x19 e 14x19x19 apresentaram resistência muito baixa, que inviabilizam a sua utilização (até para vedação, já que não atendem à norma).

A carga máxima obtida para o bloco cerâmico 11,5x14x24 (54 kN) foi um pouco maior que a obtida para o mesmo bloco na espessura de 14 cm (46 kN). Isto se deve ao fato da área líquida resistente ser praticamente a mesma. E ele funcionou melhor na espessura menor.

Tabela 4.1 – Resumo das resistências de unidade (f_b)

Unidade de alvenaria	Tensão de ruptura
	(MPa)
Tijolo maciço XXX	8,37
Tijolo maciço ASF	7,95
Tijolo maciço JRT	6,26
Bloco cerâmico 9x19x19	0,32
Bloco cerâmico 14x19x19	0,25
Bloco cerâmico 11,5x14x24	1,95
Bloco cerâmico 14x11,5x24	1,36

4.1.2 Resistência à compressão do prisma (f_p)

Os corpos de prova dos tijolos maciços foram constituídos pelo assentamento de cinco unidades justapostas, com junta de assentamento de 1,0 cm. Os corpos de prova dos blocos cerâmicos foram constituídos pelo assentamento de três unidades justapostas, com junta de assentamento também de 1,0 cm. A dosagem da argamassa de assentamento utilizada foi de 1:2:9 (cimento:cal:areia) em volume. A Foto 4.5 ilustra os corpos de prova para tijolos maciços e os corpos de prova para os blocos cerâmicos. A Foto 4.6 ilustra os cuidados com a espessura da junta e prumo durante a execução dos corpos de prova.



Foto 4.5 – Corpos de prova: Prismas de tijolos maciços e blocos cerâmicos



Foto 4.6 – Verificação da espessura da junta e do prumo dos corpos de prova

Para avaliar a influência da espessura da junta e do revestimento com argamassa na resistência da alvenaria, foram preparados corpos de prova com junta de 1,5 cm e corpos de prova revestidos (inadvertidamente, sem chapisco). Estes corpos de prova foram executados apenas com o tijolo maciço XXX.

Para avaliar as diferenças na resistência do prisma decorrentes da resistência da argamassa, foi proposta uma dosagem mais rica em cimento, com traço de 1:1:6 (cimento:cal:areia). Para esta situação foram preparados 3 conjuntos de corpos de prova, sendo 2 com tijolos maciços (tijolos XXX e ASF) e 1 com o bloco cerâmico 11,5x14x24. Também foram preparados 3 corpos de prova (para simular a situação da obra) numa obra típica acompanhada: argamassa produzida na obra, espessura de junta próxima à utilizada na alvenaria local (1,50 cm), sem a fiscalização técnica exercida no laboratório. Neste caso, apesar de se “conhecer” a dosagem da argamassa (1:2:9), não se fez nenhum controle. A unidade de alvenaria utilizada foi o tijolo maciço XXX.

4.1.3 Análise dos resultados

A Tabela 4.2 apresenta as características dos ensaios e os resultados da resistência de prisma (média) para todas estas diversas simulações. Os resultados individuais dos corpos de prova são apresentados no apêndice A, item A.2 (Tabela A.8 a Tabela A.24).

Durante a confecção dos corpos de prova a quantidade inicialmente prevista de argamassa de assentamento foi insuficiente para a moldagem de todos, fato que obrigou a produção de uma segunda quantidade da mesma argamassa (denominadas argamassa Ia e Ib). Apesar de a dosagem ser a mesma (traço 1:2:9), houve diferença significativa de resistência à compressão entre elas. Isto pode decorrer da dosagem em volume, do tempo

para utilização do material, e da variação na quantidade de água (acrescentada de forma a obter-se uma argamassa com a consistência desejada). Isso mostra que, na obra, mesmo mantendo-se o traço constante, a variação de resistência da argamassa pode ser significativa. No caso deste ensaio a diferença entre as resistências da primeira e da segunda dosagem grande (1,13 MPa e 1,96 MPa).

Tabela 4.2 – Resumo das resistências de prismas (f_p)

Especificação dos Corpos de prova e simulação ensaiada	Unidades assentadas	Argamassa de assentamento	Espessura da junta	Revestimento	Tensão de ruptura
					(MPa)
Prisma de tijolo maciço XXX	5	Ib	1,0	-	3,63
Prisma de tijolo maciço ASF	5	Ia	1,0	-	3,16
Prisma de tijolo maciço JRT	5	Ia	1,0	-	3,15
Prisma de bloco cerâmico 9x19x19	3	Ia	1,0	-	0,28
Prisma de bloco cerâmico 14x19x19	3	Ia	1,0	-	0,15
Prisma de bloco cerâmico 11,5x14x24	3	Ia	1,0	-	0,80
Prisma de bloco cerâmico 14x11,5x24	3	Ia	1,0	-	0,57
Prisma de tijolo maciço XXX, e=1,50	5	Ib	1,5	-	3,96
Prisma de tijolo maciço XXX, revestido	5	Ib	1,0	SIM	3,96
Prisma de tijolo maciço XXX, argamassa II	5	II	1,0	-	4,70
Prisma de tijolo maciço ASF, argamassa II	5	II	1,0	-	3,86
Prisma de bloco cerâmico 11,5x14x24, argamassa II	3	II	1,0	-	0,77
Prisma de tijolo maciço XXX, executado na obra	5	-	1,5	-	3,63
Média de Prisma de tijolos maciços	-	-	-	-	3,76
Argamassa de assentamento Ia (1:2:9 - 1ª mistura)	-	-	-	-	1,13
Argamassa de assentamento Ib (1:2:9 - 2ª mistura)	-	-	-	-	1,96
Argamassa de assentamento II (1:1:6)	-	-	-	-	5,70
Argamassa de revestimento (1:2:9)	-	-	-	-	2,72

Os resultados refletiram este fato. A argamassa utilizada para espessura de junta de 1,50 cm (argamassa Ib) tinha maior resistência que a utilizada na junta de espessura de 1,0

cm. Assim, a resistência nos prismas com junta de assentamento de 1,5 cm foi maior (ao contrário do esperado). No entanto, a mesma argamassa (Ib) foi utilizada na confecção dos prismas revestidos (com espessura de 1,0 cm), cujos resultados foram semelhantes aos dos prismas com espessura de 1,5 cm. Ou seja, o revestimento não ajudou na resistência, pois se destacou muito antes da ruptura (ressalta-se a ausência do chapisco). Além disso, desconsiderando a influência do revestimento, a diferença de espessura não alterou a resistência dos corpos de prova, o que também não era esperado.

Todos os prismas de tijolos moldados com argamassa II apresentaram acréscimo nos valores de resistência, da ordem de 20%.

Os blocos cerâmicos 9x19x19 e 14x19x19 apresentaram valores muito baixos para a resistência de prisma, ratificando os resultados dos ensaios das unidades, que inviabilizam sua utilização como elemento resistente. Para os blocos cerâmicos 11,5x14x24 e 14x11,5x24, os valores obtidos indicam que a sua utilização é restrita às situações de baixas solicitações. Mesmo com o aumento da resistência da argamassa (argamassa II) não houve acréscimo na resistência do prisma.

O prisma executado na obra (sem controle) apresentou resistência semelhante ao executado no laboratório. Destaca-se que a unidade de alvenaria (tijolo maciço XXX), a dosagem da argamassa (1:2:9) e a mão de obra foram as mesmas que as utilizadas no laboratório.

A Tabela 4.3 apresenta o cálculo da resistência normalizada da unidade segundo o Eurocode 6:2001.

Tabela 4.3 – Cálculo da resistência normalizada – Eurocode 6:2001

Unidade de alvenaria	Resistência da unidade ($f_{b,ensaio}$)	Altura da unidade	Menor dimensão horizontal	Fator d (Tabela 3.15)	Fator m_c	Resistência normalizada da unidade ($f_b = m_c \cdot f_{b,ensaio} \cdot d$)
	(MPa)	(cm)	(cm)			(MPa)
Tijolo maciço XXX	8,37	4,8	10,1	0,75	1,20	7,53
Tijolo maciço ASF	7,95	4,8	10,4	0,75	1,20	7,16
Tijolo maciço JRT	6,26	4,4	10,0	0,75	1,20	5,63
Bloco cerâmico 9x19x19	0,32	18,8	8,6	1,35	1,20	0,52
Bloco cerâmico 14x19x19	0,25	19,5	14,3	1,25	1,20	0,38
Bloco cerâmico 11,5x14x24	1,95	13,7	11,4	1,15	1,20	2,69
Bloco cerâmico 14x11,5x24	1,36	11,4	13,7	1,00	1,20	1,63

O valor da resistência normalizada é utilizado no cálculo da resistência prevista para a alvenaria, apresentado na Tabela 4.4. Nesta tabela também são apresentados os valores dos fatores de eficiência entre a resistência da alvenaria (obtida pela formulação do Eurocode, a partir do valor de f_b normalizado – calculado com o valor da resistência do bloco obtida no ensaio e o respectivo valor de K) e a resistência de prisma obtida nos ensaios (f_{alv}/f_p). A Tabela 4.5 apresenta os valores do fator de eficiência (FE) entre a resistência de prisma e da unidade ensaiada e entre a resistência prevista da alvenaria e da unidade ensaiada.

Tabela 4.4 – Cálculo da resistência da alvenaria, segundo o EC

Unidade de alvenaria	Resist. Normalizada (f_b)	Resist. da argamassa (f_m)	Fator K	Resistência da alvenaria $f_{alv,previsto}$ ($f_k=K \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$)	Resistência de prisma (ensaio) ($f_{p,ensaio}$)	Fator de Eficiência (f_k/f_p)
	(MPa)	(MPa)		(MPa)	(MPa)	
Tijolo maciço XXX	7,53	1,96	0,5	2,51	3,63	0,69
Tijolo maciço ASF	7,16	1,13	0,5	2,06	3,16	0,65
Tijolo maciço JRT	5,63	1,13	0,5	1,74	3,15	0,55
Bloco cerâmico 9x19x19	0,52	1,13	0,3	0,20	0,28	0,70
Bloco cerâmico 14x19x19	0,38	1,13	0,3	0,16	0,15	1,05
Bloco cerâmico 11,5x14x24	2,69	1,13	0,3	0,62	0,80	0,78
Bloco cerâmico 14x11,5x24	1,63	1,13	0,3	0,44	0,57	0,77
Tijolo maciço XXX (II)	7,53	5,70	0,5	3,46	4,70	0,68
Tijolo maciço ASF (II)	7,16	5,70	0,5	3,34	3,86	0,58
Blc. cerâmico 11,5x14x24 (II)	1,63	5,70	0,3	1,01	0,77	0,23

Tabela 4.5 – Fator de eficiência

Unidade de alvenaria	Resistência			Fator de eficiência	
	Unidade ($f_{b,ensaio}$)	Prisma ($f_{p,ensaio}$)	Alvenaria ($f_{alv,previsto}$)	(f_p/f_b)	(f_{alv}/f_b)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)		
Tijolo maciço XXX	8,37	3,63	2,51	0,43	0,30
Tijolo maciço ASF	7,95	3,16	2,06	0,40	0,26
Tijolo maciço JRT	6,26	3,15	1,74	0,50	0,28
Bloco cerâmico 9x19x19	0,32	0,28	0,20	0,88	0,63
Bloco cerâmico 14x19x19	0,25	0,15	0,16	0,60	0,64
Bloco cerâmico 11,5x14x24	1,95	0,80	0,62	0,41	0,32
Bloco cerâmico 14x11,5x24	1,36	0,57	0,44	0,42	0,32
Tijolo maciço XXX (II)	8,37	4,70	3,46	0,62	0,46
Tijolo maciço ASF (II)	7,95	3,86	3,34	0,54	0,47
Blc. cerâmico 11,5x14x24 (II)	1,95	0,77	1,01	0,47	0,62

Os tijolos maciços apresentaram FE (f_p/f_b) próximo de 0,4 e FE (f_{alv}/f_b) próximo de 0,3. Os blocos cerâmicos apresentaram FE (f_p/f_b) entre 0,4 e 0,9 e FE (f_{alv}/f_b) entre 0,3 e 0,6. O bloco cerâmico 11,5x14x24 apresentou resultados semelhantes para as espessuras de 11,5 e 14 cm.

O Gráfico 4.1 apresenta uma síntese comparativa entre as resistências das unidades ensaiadas ($f_{b,ensaio}$), as resistências dos prismas ensaiados ($f_{p,ensaio}$) e as resistências das alvenarias calculadas segundo o Eurocode 6:2001 ($f_{alv,previsto}$).

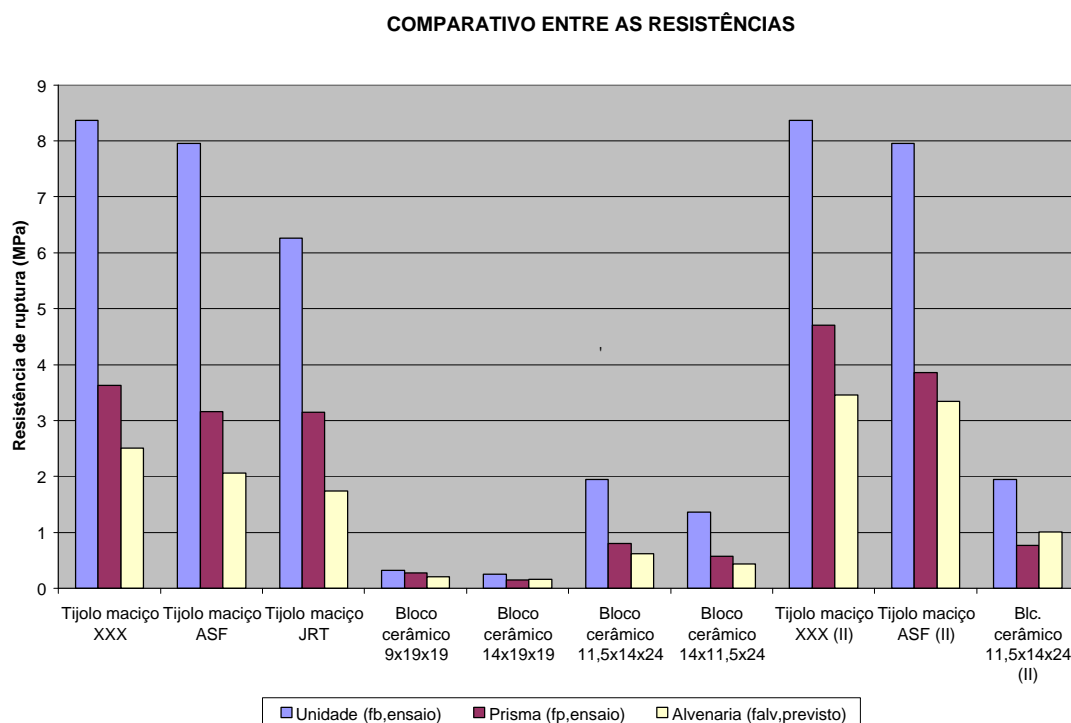


Gráfico 4.1 – Comparativo entre as resistências

A influência da resistência da argamassa na resistência da alvenaria pode ser observada nos valores da resistência média do prisma para os tijolos maciços XXX e ASF. O mesmo não se observou para o bloco cerâmico 11,5x14x24. Na Tabela 4.6 e no Gráfico 4.2 são apresentados os resultados da resistência de prisma obtidos com duas dosagens de argamassa. Para um aumento significativo na resistência da argamassa, a resistência do prisma aumentou menos que 30% para os tijolos maciços. Para o bloco cerâmico o resultado foi inverso, devido principalmente à maior variação nos resultados dos prismas com a argamassa II (1,07 MPa ; 0,54 MPa e 0,75 MPa) e pelo fato da resistência da argamassa ser muito maior que a resistência da unidade.

Tabela 4.6 – Influência da resistência da argamassa na resistência do prisma

Unidade de alvenaria	Argamassa traço 1:2:9		Argamassa traço 1:1:6		Relação entre resistências	
	Resist. da argamassa (f _m)	Resist. de prisma (ensaio) (f _{p,ensaio})	Resist. da argamassa (f _m)	Resist. de prisma (ensaio) (f _{p,ensaio})	Argamassa	Prisma
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(%)	(%)
Tijolo maciço XXX	1,96	3,63	5,70	4,70	190	29
Tijolo maciço ASF	1,13	3,16	5,70	3,86	404	22
Bloco cerâmico 11,5x14x24	1,13	0,80	5,70	0,77	404	-12,5

Comparativo entre resistências de argamassa e prismas

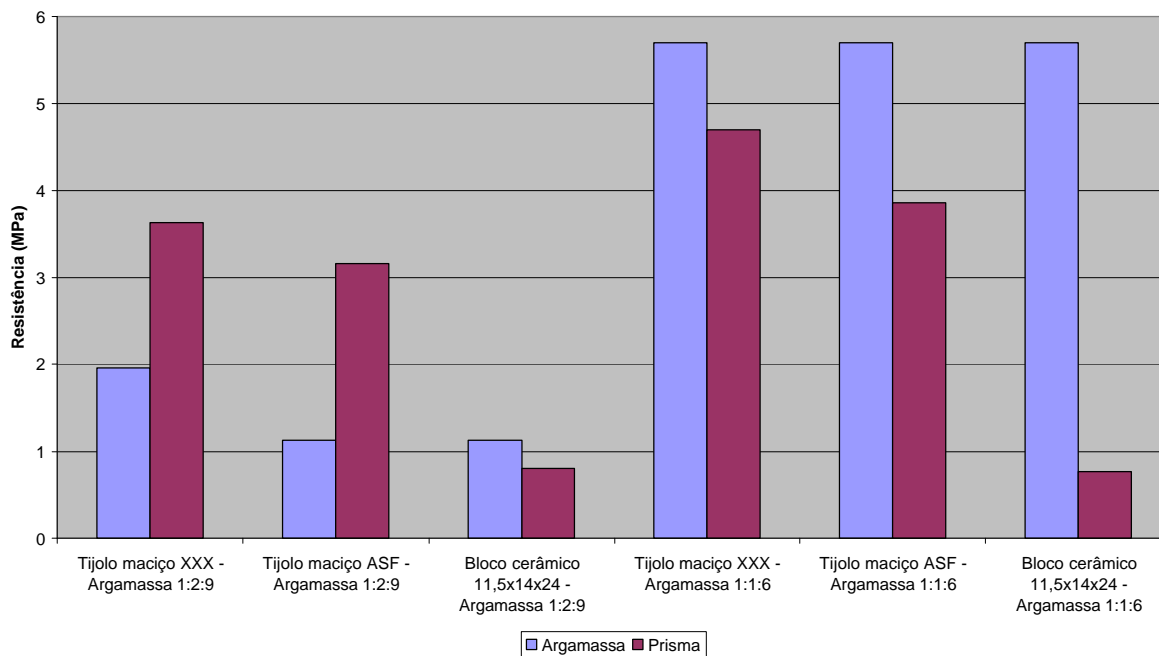


Gráfico 4.2 – Comparativo entre as resistências de argamassa e prisma

A argamassa de traço 1:2:9 apresentou grande variação na resistência à compressão entre as três massadas (1,13 MPa, 1,96 MPa e 2,72 MPa). Embora a dosagem em peso seja tecnicamente mais recomendada para os ensaios de laboratório, é aceitável para as argamassas a dosagem em volume (Sabattini, 1998). Para a execução da argamassa no local, a resistência à compressão esperada para este traço, segundo a BS, é de 1,0 MPa (Tabela 3.14) e de 1,5 MPa quando realizada na obra e no laboratório,

respectivamente. Já a argamassa de traço 1:1:6, com resistência esperada de 2,50 MPa e 3,6 MPa, nas mesmas condições anteriores, apresentou o valor de resistência de 5,70 MPa.

Os ensaios realizados contemplam uma pequena quantidade de tijolos e blocos cerâmicos utilizados no tipo de obra estudado. Durante a etapa de seleção dos grupos de tijolos e blocos cerâmicos a serem ensaiados, a preferência recaiu naqueles mais empregados na região (Ribeirão Preto e São Carlos - interior do estado de São Paulo).

A falta de definições (normas técnicas) para a elaboração dos ensaios de prismas de tijolos e blocos cerâmicos de vedação dificulta a comparação de resultados com outras pesquisas realizadas. A principal diferença entre os ensaios de prismas está na quantidade de unidades sobrepostas (prismas de 2, 3 e 5 elementos).

Os valores de resistência dos tijolos maciços ficaram acima de 6,5 MPa, superior aos 3,0 MPa definidos em norma. Entre os blocos cerâmicos, apenas as amostras nas dimensões 11,5x14x24 apresentaram valores de resistência acima do limite mínimo normatizado, que é de 1,5 MPa. Em especial os blocos cerâmicos nas dimensões ___x19x19 apresentaram valor muito inferior ao normatizado.

Os resultados da resistência à compressão de prisma dos tijolos maciços foram próximos (3,63 MPa a 3,15 MPa). Para os blocos cerâmicos nas dimensões ___x19x19 os valores obtidos também foram próximos entre si (no entanto, menores que 0,3 MPa); e para os blocos cerâmicos 11,5x14x24 e 14x11,5x24 as cargas de ruptura foram próximas, sendo que as tensões de ruptura variaram devido às diferenças da área de trabalho entre eles.

Os valores dos fatores de eficiência (f_{alv}/f_b) foram de aproximadamente 0,30 para os tijolos maciços e entre 0,30 a 0,60 para os blocos cerâmicos. O bloco cerâmico 11,5x14x24 (Argamassa II) apresentou um valor de resistência prevista da alvenaria (calculada pelo EC) superior ao da resistência obtida no ensaio de prisma. Isto pode indicar a necessidade de calibração desta formulação para os materiais utilizados no Brasil.

Os valores obtidos indicam que para os tijolos maciços é possível a sua utilização como elemento resistente. Para os blocos cerâmicos de (___x19x19) a resistência obtida nos ensaios foi muito baixa, sendo inviável seu emprego.

Com a finalidade de comparar com os exemplos teóricos dos capítulos seguintes, a Tabela 4.7 apresenta os resultados de uma simulação para determinar a área máxima de laje sob influência de um metro linear de alvenaria executada com os materiais ensaiados, calculada segundo o EC, empregando-se para a resistência da alvenaria os valores obtidos

de resistência de prisma (ensaios) ou da própria alvenaria (valores previstos). Em cada caso se considerou: parede isolada – travamento apenas no topo; espessura e peso próprio da respectiva unidade; altura de 2,80m; o carregamento da laje sobre a parede foi suposto igual a 3,5 kN/m² (equivalente a uma laje de cobertura), aplicado centrado na parede.

Se fosse considerada a excentricidade (situação real), os valores desta tabela seriam diminuídos em 20% e 60%, respectivamente, para excentricidade do carregamento de 10% e 20%, por exemplo. Para edificações assobradadas, a redução pode ser menor, devido ao carregamento do pavimento superior (inclusive o peso próprio da parede superior) e ao aumento do carregamento sobre a laje (laje piso).

Tabela 4.7 – Área máxima de laje por metro de parede (sem excentricidade)

Unidade de alvenaria	Resistência			Área de Influência	
	Unidade ($f_{b,ensaio}$)	Prisma ($f_{p,ensaio}$)	Alvenaria ($f_{alv,previsto}$)	Prisma ($f_{p,ensaio}$)	Alvenaria ($f_{alv,previsto}$)
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(m ² /m)	(m ² /m)
Tijolo maciço XXX	8,37	3,63	2,51	13,89	9,32
Tijolo maciço ASF	7,95	3,16	2,06	11,88	7,39
Tijolo maciço JRT	6,26	3,15	1,74	11,91	6,16
Bloco cerâmico 9x19x19	0,32	0,28	0,20	0,39	-
Bloco cerâmico 14x19x19	0,25	0,15	0,16	-	-
Bloco cerâmico 11,5x14x24	1,95	0,80	0,62	3,64	2,68
Bloco cerâmico 14x11,5x24	1,36	0,57	0,44	3,39	2,38

5. DIMENSIONAMENTO: EXEMPLO NUMÉRICO

O tipo de obra estudado apresenta variações construtivas que influenciam no dimensionamento das alvenarias, entre elas o tipo de laje e o tipo de unidade de alvenaria (e, conseqüentemente, a esbeltez). Isso conduz a resultados diferentes na resistência necessária das paredes para cada caso.

Por outro lado, os carregamentos existentes nestas edificações tendem a variar pouco, principalmente nas edificações térreas, onde a maioria dos cômodos possui vãos próximos de 3,0 metros e o peso próprio das alvenarias representa uma grande parcela do carregamento total (próximo de 50%).

Para estudar como estas variáveis influenciam no dimensionamento e com o objetivo de apresentar valores típicos de referência para a resistência necessária da alvenaria são propostos 13 exemplos numéricos.

O primeiro exemplo (Exemplo 1), apresentado neste capítulo, destina-se a apresentar detalhadamente o dimensionamento segundo as três normas (NB, BS e EC), discutindo-se principalmente os procedimentos da BS e EC, de formulação mais complexa. As variações na forma de distribuição da carga da laje para as paredes e da distribuição vertical do carregamento entre as paredes (interação entre elas) também são estudadas. Discute-se ainda a influência de paredes extensas, da variação de espessura e do peso próprio das paredes no dimensionamento. A Tabela 5.1 apresenta o resumo dos estudos realizados neste exemplo.

As atividades que idealmente compõem o projeto de alvenaria podem ser representadas pelas seguintes etapas:

- Identificação dos elementos estruturais;
- Levantamento de cargas e cálculo dos esforços solicitantes;
- Verificação da resistência necessária da parede e unidades;
- Elaboração de desenhos e memoriais necessários à execução do projeto.

Estas etapas englobam as propostas de alteração da arquitetura, conforme necessidade do dimensionamento para viabilização ou otimização do projeto, tais como aumento na espessura de determinada parede, deslocamento de algum caixilho, travamento de alguma parede, etc.

Tabela 5.1 – Estudos realizados para os exemplos

Exemplo	Descrição	Estudos realizados
1	Residência térrea, 2 dormitórios e aproximadamente 60 m ²	<p>Varição do tipo de laje: Laje pré-moldada unidirecional sem continuidade Laje pré-moldada unidirecional com continuidade Laje pré-moldada bidirecional Laje maciça sem continuidade Laje maciça com continuidade</p> <p>Varição na forma de interação entre as paredes: Paredes isoladas Grupos isolados Distribuição a 45°</p> <p>Varição do tipo de alvenaria (unidade e espessura) Tijolo maciço com e=10 cm Bloco cerâmico 9x19x19 com e=9 cm Bloco cerâmico 9x19x19 com e=19 cm Bloco cerâmico 11,5x14x24 com e=11,5 cm Bloco cerâmico 11,5x14x24 com e=14 cm</p>

A identificação dos elementos estruturais se dá em função dos apoios das lajes e estruturas de cobertura, além da análise das instalações hidrosanitárias. Normalmente se utilizam todas as alvenarias como resistentes, mas as paredes com grande concentração de tubulações hidráulicas não devem ser consideradas como estruturais. Alguns painéis de laje podem não ter paredes de apoio em todas as bordas; nestes casos é usual empregar uma viga para “fechar” o painel de laje. Sobre caixilhos definem-se vergas que transferem o carregamento para as paredes laterais a eles.

O cálculo da resistência necessária da alvenaria submetida à compressão e a especificação dos materiais a serem utilizados é o objetivo final do dimensionamento. É comum que o tipo de alvenaria seja definido antes do início do dimensionamento, o que faz desta etapa apenas uma verificação (se a alvenaria é capaz de suportar os carregamentos).

5.1 Distribuição da carga da laje para as paredes

No primeiro exemplo foram simuladas várias situações de distribuição de carga da laje (lajes de diferentes tipos e várias hipóteses de distribuição) e de caminhamento da carga na alvenaria.

As diferenças na distribuição de carga da laje para as paredes ocorrem em função do tipo de laje e de detalhes da armadura da laje. São considerados dois tipos de lajes: pré-moldada e maciça, resultando em cinco situações de distribuição de carga, como se mostra a seguir.

Laje pré-moldada unidirecional sem continuidade: a laje se apóia sobre duas bordas perpendiculares à direção de apoio das nervuras principais, sendo que os apoios paralelos a essa direção não recebem carga. É a situação mais usual.

Laje pré-moldada unidirecional com continuidade: idem à situação anterior, exceto pela consideração da continuidade nos apoios. Segundo Ramalho e Corrêa (2003), a distribuição de cargas destas lajes pode ser considerada com uma parcela de 38% do carregamento sobre os apoios simples e de 62% do carregamento sobre o apoio contínuo (engastado).

Laje pré-moldada bidirecional (apoio nas quatro bordas): segundo Carvalho e Figueiredo (2004), os apoios paralelos à direção da nervura principal (direção do trilho) da laje pré-moldada também recebem parte do carregamento. No processo simplificado, apenas se acrescenta uma parcela variável nesta direção, conforme a geometria da laje (a favor da segurança, portanto). No procedimento racional, 75% da carga total são aplicados sobre os apoios perpendiculares ao trilho da laje, e 25% sobre os apoios paralelos ao trilho, quando a laje for quadrada. Quando a laje for retangular, com razão entre os lados igual ou maior que 2, a distribuição do carregamento é de 98% e 8%, interpolando-se linearmente para situações intermediárias. Nestas situações foi desprezada a continuidade.

Laje maciça sem continuidade: A distribuição do carregamento da laje pode ser realizada pelo processo de linhas de ruptura. Cada apoio da laje recebe um carregamento equivalente a uma área de influência da laje, delimitada por linhas de ruptura que se formam a partir dos cantos até o centro da laje. Como não é considerado o engastamento entre as lajes, as linhas de ruptura coincidem com a bissetriz formada a partir do ponto de encontro de dois lados de apoio.

Laje maciça com continuidade: idem ao anterior, exceto que o ângulo formado pela divisão entre os lados de apoio da laje são diferentes, no caso das vinculações serem diferentes ($2/3$ do ângulo para o lado do apoio com engaste e $1/3$ do ângulo para o lado do apoio simples).

5.2 Parâmetros utilizados no dimensionamento

Nos exemplos apresenta-se o dimensionamento segundo as normas NB, BS e EC. Os resultados obtidos representam as resistências necessárias para cada tipo de parede: pela norma brasileira a resistência necessária é a resistência média de prisma e pelas normas britânica e européia é a resistência característica da alvenaria.

No caso da NB os resultados são apenas ilustrativos, pois nem sempre estão satisfeitas diversas premissas para o emprego da norma: material (bloco de concreto), espessura mínima (14 cm), esbeltez máxima (20) e resistência mínima (4,5 MPa).

Para a aplicação da norma BS foi adotado $g_m = 3,5$ (valor máximo recomendado pela norma e considerado adequado para a realidade das obras brasileiras) e $g_f = 1,4$ para cargas permanentes e acidentais (que pela BS seria de 1,4 para cargas permanentes e de 1,6 para cargas acidentais; no entanto, em conformidade com a NBR 8681:2003, que adota os mesmos valores, permite-se considerar o valor de 1,40 quando estes esforços são analisados conjuntamente). A excentricidade total foi calculada considerando os valores dos carregamentos da laje à esquerda e à direita de cada parede, acrescida da excentricidade acidental. Pela norma britânica, a excentricidade acidental é nula no topo e base, com valor máximo na meia altura da parede. A excentricidade devido ao carregamento varia do máximo a zero do topo à base, adotando-se na região central 60% do seu valor máximo.

Assim, a excentricidade no topo da parede é devida ao carregamento; na região central, 60% da excentricidade do carregamento mais a excentricidade acidental; na base, as excentricidades do carregamento e acidental são nulas, sendo adotado o valor mínimo de $0,05.t$.

A norma britânica permite utilizar o conceito de altura efetiva. Para paredes de 3,0m de altura, o valor efetivo resulta em 2,25m ($0,75.h$), pois as paredes são travadas no topo pela laje. Assim, para a espessura de parede de 9 cm, a esbeltez resulta em 25, menor que a máxima permitida (27). No entanto, para a mesma espessura, a excentricidade acidental resulta em 2,21 cm (24,5%), para a qual não existe um valor de b tabelado correspondente (Tabela 3.7). Nestes casos, o uso da espessura de 9 cm só é possível para tijolos maciços, quando o valor de b é obtido pela equação 18 com acréscimo 10%, ou seja: $b = 1,1 \cdot (1 - 2e/t)$, ao invés dos valores tabelados. Para as unidades vazadas, a espessura mínima que atenderia os valores possíveis de b tabelado seria de $t = 10,3$ cm (ou altura máxima de 2,63 m para espessura de 9,0 cm).

Na utilização do EC, adotou-se $g_m = 3,0$ e $g_f = 1,4$ para cargas permanentes e acidentais (ambos considerando os mesmos critérios dos adotados para o dimensionamento pela BS). A excentricidade foi calculada como pela norma britânica, exceto pelo menor valor que assume a excentricidade acidental, constante ao longo da altura da parede. Por se considerar os travamentos laterais das paredes, em muitos casos a altura efetiva resulta menor que os valores obtidos pela norma britânica (para paredes com comprimento menor que a metade da altura real, a altura efetiva resulta entre 0,30 a 0,55 vezes a altura real, o que diminui muito a sua esbeltez).

Registra-se que o EC apresenta o cálculo da excentricidade devida ao carregamento apenas em função dos momentos aplicados na alvenaria. Como neste trabalho o momento de engastamento da laje na alvenaria é considerado nulo (situação comum para o tipo de obra estudado), a excentricidade do carregamento também foi considerada pela aplicação excêntrica do carregamento da laje na alvenaria, decrescendo até zero na base, como na BS.

O valor do fator de redução Φ é tabelado (Tabela 3.8), mas para as verificações no topo e na base este valor é calculado segundo a equação 21, ou seja, $\Phi = 1 - 2e/t$. A diferenciação entre as unidades de alvenaria (tijolos maciços e blocos cerâmicos) é contemplada na resistência característica da alvenaria, e não no cálculo da resistência necessária.

Nestas duas normas são realizadas três verificações para a determinação da resistência necessária da alvenaria: no topo, na região central e na base da parede, alterando-se o valor do carregamento e da excentricidade. O carregamento no topo foi considerado devido à ação das lajes, vigas e vergas. No meio da parede acrescentou-se metade do seu peso próprio e, na base da parede, todo o seu peso próprio.

No dimensionamento, duas dimensões são fundamentais: a espessura e a altura da parede. No tipo de obra estudado, observa-se que o pé direito varia de 2,60m (padrão popular) a 3,0m (padrão médio-alto). Em algumas edificações se executa um trecho de alvenaria entre a fundação e o contrapiso interno (chamado de embasamento), que aumenta a altura da parede (conseqüentemente, seu comprimento de flambagem e seu peso próprio).

Sob a ótica da estabilidade lateral da parede (flambagem), o contrapiso pode ser considerado como um elemento de travamento, especialmente nas paredes internas, de forma que a altura da parede (para efeitos de estabilidade) seja a distância entre a face superior do piso acabado e a face inferior da laje sobre a parede. No primeiro exemplo apresentado estuda-se a influência da altura da parede no dimensionamento das alvenarias.

5.3 Descrição do Exemplo 1 – edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, com área de 60 m², cômodos com vãos máximos de 3,0 m. A cobertura é em telha cerâmica, apoiada sobre estrutura de madeira pontaletada sobre a laje de cobertura. A Figura 5.1 apresenta a arquitetura e a Figura 5.2 a primeira proposta de estrutura deste exemplo, conforme divisão tradicional das paredes realizada em alvenaria estrutural.

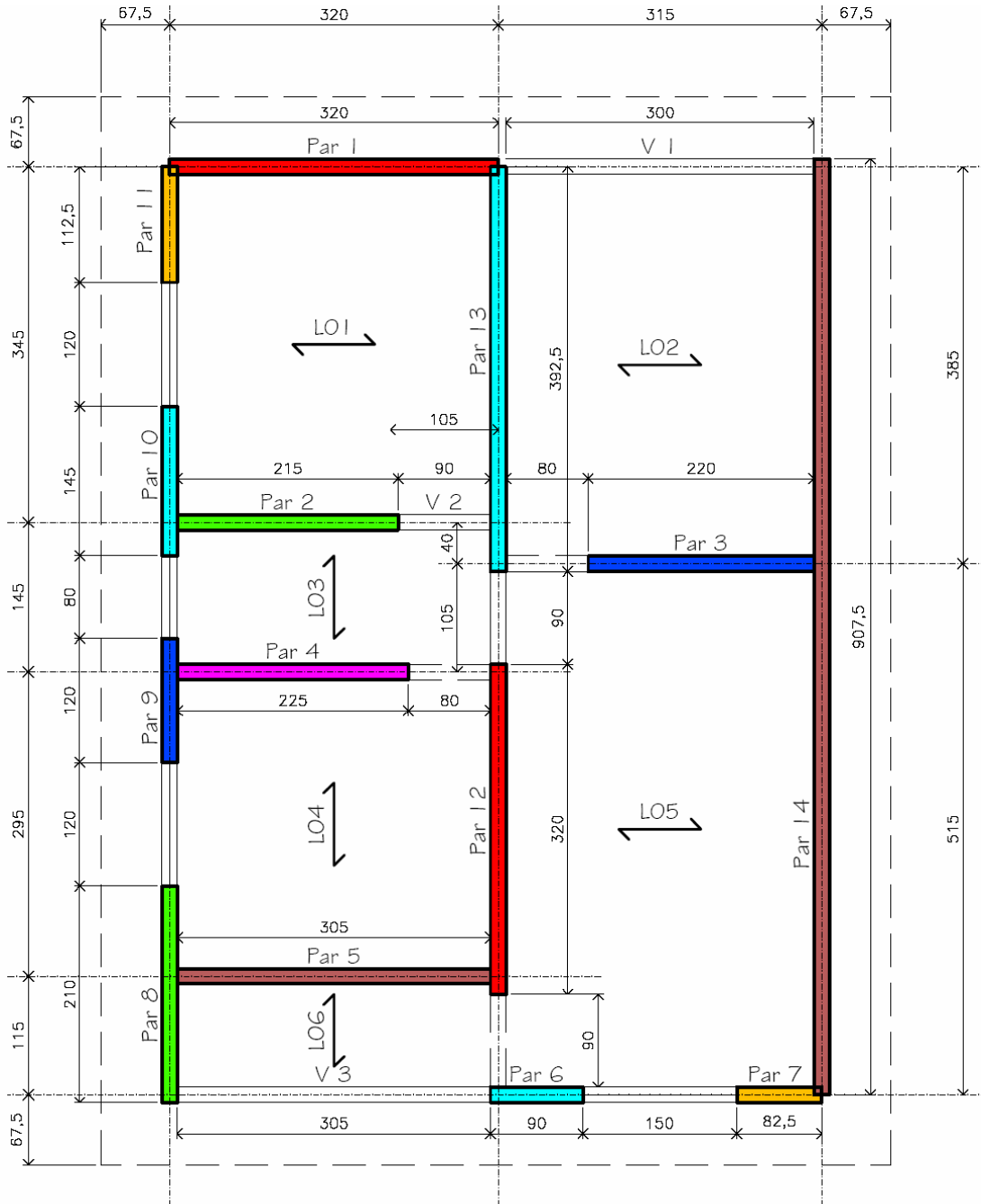


Figura 5.2 – Estrutura do Exemplo 1: proposta 1

5.4 Levantamento de cargas e distribuição vertical

Como primeira simulação, considera-se o uso de **laje pré-moldada unidirecional**. A Tabela 5.2 apresenta o carregamento atuante sobre as lajes e a Tabela 5.3 apresenta outras cargas aplicadas diretamente sobre as alvenarias. A Tabela 5.4 apresenta o cálculo das reações das lajes (unidirecionais) sobre as paredes e vigas que recebem carga de laje.

A distribuição de carga apresentada considera cada laje simplesmente apoiada em duas bordas (como viga bi apoiada).

A Tabela 5.5 apresenta a reação do beiral da cobertura sobre as paredes. Neste exemplo o beiral é continuação da cobertura em telha cerâmica, com forro em madeira (comumente denominado beiral em madeira).

Tabela 5.2 – Carregamento atuante sobre as lajes do Exemplo 1

Elementos	Descrição do carregamento	Carga	Carga Total
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
Lajes de Cobertura (L01, L02, L04, L05, L06)	Laje pré-moldada – treliçada H12 (8+4)	2,00	3,50
	Revestimento de forro, e=1,5 cm	0,28	
	Telhado em telha cerâmica (tipo romana) com estrutura de madeira	0,72	
	Sobrecarga acidental	0,50	

Tabela 5.3 – Carregamento atuante sobre as alvenarias do Exemplo 1

Elementos	Carga
Caixa D'água (1000 litros)	10,0 kN
Beiral em madeira	0,43 kN/m

Tabela 5.4 – Levantamento de carga: simulação 1 do Exemplo 1

Parede	Observações	Seqüência de cálculo	Carga
			(kN)
V 2	Laje L03	$(1,45 \times 0,975) / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	2,47
V 3	Laje L06	$(1,15 \times 3,20) / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	6,44
PAR 2	Laje L03	$(1,45 \times 2,225) / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	5,65
PAR 4	Lajes L03 e L04 + trecho sobre a verga	$[(1,45+2,95) \times (2,325 + 0,40)] / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	22,0
PAR 5	Lajes L04 e L06	$[(2,95 + 1,15) \times 3,20] / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	23,0
PAR 6	Laje L05 sobre a verga	$(3,15 \times 0,525) / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	2,89
PAR 10	Laje L01 + trecho sobre a verga	$[3,20 \times (1,125+0,60)] / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	9,66
PAR 11	Laje L01 + trecho sobre a verga	$[3,20 \times (0,60 + 1,125)] / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	9,66
PAR 12	Laje L05 + trecho das lajes L03, L04 e L05 sobre as vergas	$[3,15 \times (0,45 + 3,20 + 0,45) + (1,45 + 2,95) \times 0,475] / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	26,3
PAR 13	Laje L01 e L02 + trecho da L05 sobre a verga	$(3,20 \times 3,45 + 3,15 \times 3,85 + 3,15 \times 0,525) / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	43,4
PAR 14	Lajes L02 e L05	$(3,15 \times 3,85 + 3,15 \times 5,15) / 2 \text{ m}^2 \times 3,50 \text{ kN/m}^2$	49,6

Tabela 5.5 – Levantamento da carga dos beirais sobre as paredes do Exemplo 1

Parede	Observações	Seqüência de cálculo	Carga (kN)
V 1	Beiral em madeira	3,15m x 0,43 kN/m	1,35
V 3	Beiral em madeira	3,20m x 0,43 kN/m	1,38
PAR 1	Beiral em madeira	3,20m x 0,43 kN/m	1,38
PAR 6	Beiral em madeira + ½ do beiral sobre janela	$(0,90 + 1,50 / 2)m \times 0,43 \text{ kN/m}$	0,71
PAR 7	Beiral em madeira + ½ do beiral sobre janela	$(0,75 + 1,50 / 2)m \times 0,43 \text{ kN/m}$	0,65
PAR 8	Beiral em madeira + ½ do beiral sobre janela	$(2,10 + 1,20 / 2)m \times 0,43 \text{ kN/m}$	1,16
PAR 9	Beiral em madeira + ½ do beiral sobre janela	$[1,20 + (1,20 + 0,80) / 2]m \times 0,43 \text{ kN/m}$	0,95
PAR 10	Beiral em madeira + ½ do beiral sobre janela	$[1,45 + (0,80 + 1,20) / 2]m \times 0,43 \text{ kN/m}$	1,05
PAR 11	Beiral em madeira + ½ do beiral sobre janela	$(1,20 + 1,20 / 2)m \times 0,43 \text{ kN/m}$	0,77
PAR 14	Beiral em madeira	9,15 m x 0,43 kN/m	3,93

A Tabela 5.6 apresenta as reações nas vergas. O trecho de parede abaixo do caixilho se apóia na fundação, pois se trata de edificação térrea. Para a distribuição do carregamento da caixa d'água considerou-se que existe uma estrutura suporte que se apóia sobre as paredes PAR 2, PAR 4, PAR12 e PAR13, de tal forma que o carregamento é dividido igualmente pelos 4 apoios (2,50 kN em cada parede). A reação de vigas sobre as paredes é obtida supondo-as bi-apoiadas. Para os apoios formados por mais de uma parede, a reação foi dividida igualmente entre elas.

A Tabela 5.7 apresenta o resumo dos carregamentos sobre as paredes e a carga total sobre cada parede, destacando-se na penúltima linha o total de cada caso de carregamento e na última linha o percentual de cada caso relativo ao carregamento total. O peso próprio das paredes representa aproximadamente 50% do carregamento total e o peso próprio das lajes de concreto (neste exemplo igual a 2 kN/m²) representa quase um quarto do carregamento total.

Tabela 5.6 – Levantamento da carga de vergas sobre as paredes do Exemplo 1

Parede	Origem da carga	Seqüência de cálculo	Carga (kN)
PAR 3	½ verga porta P3	$\{(3,00 - 2,10) \times 0,80\} \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	0,76
PAR 4	½ verga porta P4	$\{(3,00 - 2,10) \times 0,80\} \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,51
	½ verga porta P5	$\{(3,00 - 2,10) \times 0,80\} \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	
PAR 6	½ verga porta P6	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 0,90] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,84
	½ verga janela J5	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 1,50] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	
PAR 7	½ verga janela J5	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 1,50] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,42
PAR 8	½ verga janela J4	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 1,20] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,13
PAR 9	½ verga janela J4	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 1,20] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,64
	½ verga janela J3	$\{ [(3,00 - 2,40) \times 0,80] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	
PAR 10	½ verga janela J3	$\{ [(3,00 - 2,40) \times 0,80] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,64
	½ verga janela J2	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 1,20] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	
PAR 11	½ verga janela J2	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 1,20] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,13
PAR 12	½ verga porta P6	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 0,90] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	1,70
	½ verga porta P5	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 0,80] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	
PAR 13	½ verga porta P2	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 0,80] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	2,36
	½ verga porta P3	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 0,80] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	
	½ verga porta P1	$\{ [(3,00 - 2,10) \times 0,90] \text{ m}^2 \times 2,10 \text{ kN/m}^2 / 2$	

Tabela 5.7 – Resumo dos carregamentos sobre as paredes do Exemplo 1

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Vergas, Caixas d'água	Carga no topo	Peso Próprio	Carga na base
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
PAR 1	1,38	1,13	-	2,50	20,2	22,7
PAR 2	5,65	1,43	2,50	9,57	13,5	23,1
PAR 3	-	-	0,76	0,76	13,9	14,6
PAR 4	21,0	-	4,01	25,0	14,2	39,8
PAR 5	23,0	-	-	23,0	19,2	42,2
PAR 6	3,57	5,51	1,84	10,9	5,67	16,6
PAR 7	0,68	-	1,42	2,09	5,20	7,29
PAR 8	1,13	5,51	1,13	7,77	13,2	21,0
PAR 9	0,95	-	1,64	2,58	7,56	10,1
PAR 10	10,7	-	1,64	12,3	9,13	21,5
PAR 11	10,4	-	1,13	11,5	7,09	18,6
PAR 12	26,4	-	4,20	30,5	20,2	50,6
PAR 13	43,4	2,55	4,86	50,8	24,73	75,6
PAR 14	53,5	2,25	-	55,7	57,2	112,9
TOTAL	201,6	18,4	25,1	245,1	230,9	476,0
(%)	42,35%	3,86%	5,28%	51,49%	48,51%	100,00%

A Tabela 5.8 apresenta os valores do carregamento distribuído na base de cada parede, considerando-se distribuição por paredes isoladas. Na última linha da tabela apresentam-se os valores médios (carga total dividida pelo comprimento de todas as paredes), como se todas as paredes interagissem de forma a promover uma homogeneização completa dos carregamentos.

Tabela 5.8 – Esforços solicitantes em cada parede do Exemplo 1

Parede	Carga	Comprimento	Carga distribuída
	Tabela 4.8 (kN)	(L) (m)	(q) (kN/m)
PAR 1	22,7	3,20	7,08
PAR 2	23,1	2,15	10,7
PAR 3	14,6	2,20	6,64
PAR 4	39,2	2,25	17,4
PAR 5	42,2	3,05	13,8
PAR 6	16,6	0,90	18,4
PAR 7	7,3	0,83	8,84
PAR 8	21,0	2,10	10,0
PAR 9	10,1	1,20	8,45
PAR 10	21,5	1,45	14,8
PAR 11	18,6	1,13	16,5
PAR 12	50,6	3,20	15,8
PAR 13	75,6	3,93	19,3
PAR 14	112,9	9,08	12,4
Soma	476,0	36,7	-
Média	-	-	13,0

Observa-se que as paredes PAR 13 e PAR 6 são as mais solicitadas, com um carregamento 46% maior que o valor médio. Considerando a interação entre as paredes, o carregamento da PAR 13 diminui. No entanto, a PAR 6, que é isolada, continuará sendo limitante no dimensionamento do conjunto (parede mais solicitada), a menos que seja considerada a distribuição entre aberturas. É o que se apresenta na Tabela 5.9, com os resultados da consideração de distribuição por grupos de paredes.

Tabela 5.9 – Interação entre paredes: Grupos Isolados. Exemplo 1

Grupo	Parede	L _{Parede}	q _i	L _{grupo}	N _{grupo}	q _{final}	N _{final}
		(m)	(kN)	(m)	(kN)	(kN/m)	(kN)
G 1	PAR 1	3,20	22,7	8,25	116,9	14,2	45,3
	PAR 11	1,13	18,6				15,9
	PAR 13	3,93	75,6				55,6
G 2	PAR 2	2,15	23,1	3,60	44,6	12,4	26,6
	PAR 10	1,45	21,5				18,0
G 3	PAR 3	2,20	14,6	12,10	134,8	11,1	24,5
	PAR 7	0,83	7,3				9,19
	PAR 14	9,08	112,9				101,1
G 4	PAR 4	2,25	39,2	3,45	49,3	14,3	32,2
	PAR 9	1,20	10,1				17,1
G 5	PAR 5	3,05	42,2	8,35	113,8	13,6	41,6
	PAR 8	2,10	21,0				28,6
	PAR 12	3,20	50,6				43,6
G 6	PAR 6	0,90	16,6	0,90	16,6	18,4	16,6
TOTAIS		36,7	476,0	36,7	476,0		476,0

Na Tabela 5.10 apresentam-se os resultados para a distribuição a 45°, supondo-se que ela ocorra apenas para a parcela da carga aplicada no topo da parede (excluindo-se o peso próprio, acrescentado posteriormente).

A Tabela 5.11 e o Gráfico 5.1 apresentam o resumo desta primeira simulação para as três formas de consideração de distribuição de carga entre as paredes. Pode-se observar que a distribuição a 45° resultou valores próximos à distribuição por grupos isolados para a maioria das paredes.

As maiores variações de carregamento decorrentes da interação entre paredes ocorreram nas paredes PAR 3, PAR 8 e PAR 11, com diferenças entre 15% a 25%.

Em todas as simulações a PAR 6 apresentou valor próximo do valor máximo. Por ser isolada ela não interage com nenhuma parede, exceto se fosse considerada a distribuição a 45° pelas aberturas ou o método de grupos com interação (taxa de interação); mas eles não seriam apropriados para este exemplo (casa térrea). A situação da PAR 6 (entre dois caixilhos e sem uma parede de travamento) é comum em projetos residenciais e, portanto, deve ser considerada com atenção especial.

Tabela 5.10 – Interação entre paredes: Distribuição a 45°. Exemplo 1

Par	l_i (m)	$N_{inicial}$ (kN)	q_i (kN/m)	Lu (m)	Distribuição	q_{final} (kN/m)	N_{final} (kN)
1	3,20	2,50	0,78	$Lu_{1,11}=1,13$ $Lu_{1,13}=3,00$	$\left(\frac{10,18}{2}\right)\frac{1,13}{3,20} + \left(\frac{12,93}{2}\right)\frac{3,00}{3,20} + \left(\frac{0,78 \cdot 3,20}{3,20+1,13+3,00}\right)$	8,20	26,2
11	1,13	11,5	10,18	$Lu_{11,1}=1,13$	$\left(\frac{10,18}{2} + \frac{0,78 \cdot 3,20}{3,20+1,13+3,00}\right)\frac{1,13}{1,13}$	5,43	6,13
13	3,93	50,8	12,93	$Lu_{13,1}=3,00$	$\left(\frac{12,93}{2} + \frac{0,78 \cdot 3,20}{3,20+1,13+3,00}\right)\frac{3,00}{3,93} + \frac{12,93 \cdot (3,93-3,00)}{3,93}$	8,25	32,4
2	2,15	9,57	4,45	$Lu_{2,10}=1,45$	$\left(\frac{4,45}{2} + \frac{8,48}{2}\right)\frac{1,45}{2,15} + \frac{4,45 \cdot (2,15-1,45)}{2,15}$	5,81	12,5
10	1,45	12,3	8,48	$Lu_{10,2}=1,45$	$\left(\frac{4,45}{2} + \frac{8,48}{2}\right)\frac{1,45}{1,45}$	6,46	9,4
3	2,20	0,76	0,35	$Lu_{3,14}=2,20$	$\left(\frac{0,35}{2} + \frac{6,13}{2}\right)\frac{2,20}{2,20}$	3,24	7,13
7	0,83	2,09	2,52	$Lu_{7,14}=0,83$	$\left(\frac{2,52}{2} + \frac{6,13}{2}\right)\frac{0,83}{0,83}$	4,32	3,58
14	9,08	55,7	6,13	$Lu_{14,3}=2,20$ $Lu_{14,7}=0,83$	$\left(\frac{0,35}{2} + \frac{6,13}{2}\right)\frac{2,20}{9,08} + \left(\frac{2,52}{2} + \frac{6,13}{2}\right)\frac{0,83}{9,08} + \frac{6,13 \cdot (9,08-0,83-2,20)}{9,08}$	5,26	47,8
4	2,25	25,0	11,11	$Lu_{4,9}=1,20$	$\left(\frac{11,11}{2} + \frac{2,15}{2}\right)\frac{1,20}{2,25} + \frac{11,11 \cdot (2,25-1,20)}{2,25}$	8,72	19,6
9	1,20	2,58	2,15	$Lu_{9,4}=1,20$	$\left(\frac{11,11}{2} + \frac{2,15}{2}\right)\frac{1,20}{1,20}$	6,63	7,96
5	3,05	23,0	7,54	$Lu_{5,8}=2,10$ $Lu_{5,12}=3,00$	$\left(\frac{3,70}{2}\right)\frac{2,10}{3,05} + \left(\frac{9,53}{2}\right)\frac{3,00}{3,05} + \frac{7,54 \cdot 3,05}{3,05+2,10+3,00}$	8,78	26,8
8	2,10	7,77	3,70	$Lu_{8,5}=2,10$	$\left(\frac{3,70}{2} + \frac{7,54 \cdot 3,05}{3,05+2,10+3,00}\right)\frac{2,10}{2,10}$	4,67	9,81
12	3,20	30,5	9,53	$Lu_{12,5}=3,00$	$\left(\frac{9,53}{2} + \frac{7,54 \cdot 3,05}{3,05+2,10+3,00}\right)\frac{3,00}{3,20} + \frac{9,53 \cdot (3,20-3,00)}{3,20}$	7,71	24,7
6	0,90	10,9	12,11		-	12,11	10,9
		245					245

Tabela 5.11 – Resumo dos esforços solicitantes em cada parede do Exemplo 1

Parede	Paredes Isoladas	Grupos Isolado	Distribuição a 45°	Valor máximo
	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	7,08	14,2	14,5	14,5
PAR 2	10,7	12,4	12,1	12,4
PAR 3	6,64	11,1	9,54	11,1
PAR 4	17,4	14,3	15,0	17,4
PAR 5	13,8	13,6	15,1	15,1
PAR 6	18,4	18,4	18,4	18,6
PAR 7	8,84	11,1	10,6	11,1
PAR 8	10,0	13,6	11,0	13,6
PAR 9	8,45	14,3	12,9	14,3
PAR 10	14,8	12,4	12,8	14,8
PAR 11	16,5	14,2	11,8	16,5
PAR 12	15,8	13,6	14,0	15,8
PAR 13	19,3	14,2	14,6	19,3
PAR 14	12,4	11,1	11,6	12,4
Valor máximo	19,3	18,4	18,4	

Comparativo dos carregamentos pelos métodos de interação

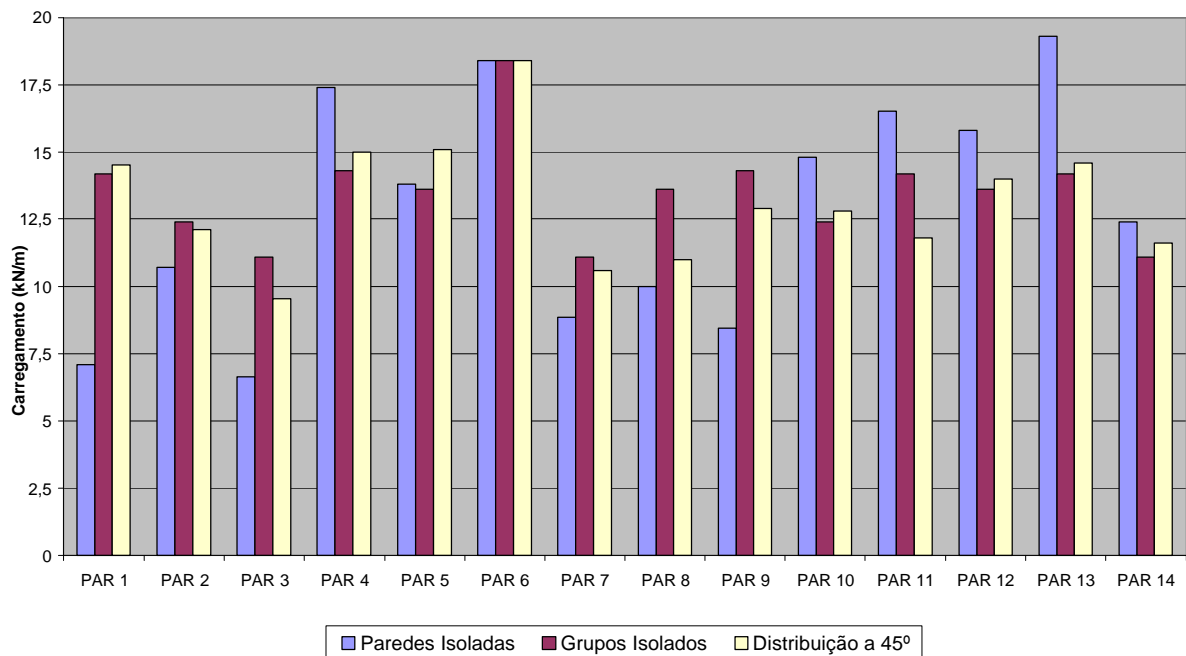


Gráfico 5.1 – Comparativo de resultados: Laje pré unidirecional com continuidade

5.5 Influência de paredes extensas no carregamento

A estrutura proposta inicialmente contém paredes extensas próximas de paredes curtas (PAR 7 e PAR 14). A utilização dos métodos de distribuição por grupos isolados implica em considerar que um carregamento originado em uma parede curta se distribua de forma homogênea na parede extensa. E vice-versa. Numa edificação térrea isso nem sempre ocorre. Ou seja, dificilmente esta hipótese seria correta.

Para minimizar este efeito, apresenta-se uma nova proposta de estrutura (Figura 5.3), onde as paredes são definidas também em função dos carregamentos das lajes e da intersecção com outras paredes. Assim, as paredes PAR 8, PAR 9, PAR 10, PAR 12, PAR 13 e PAR 14 foram divididas em dois trechos (a e b), para se analisar que impacto isso causa no carregamento final.

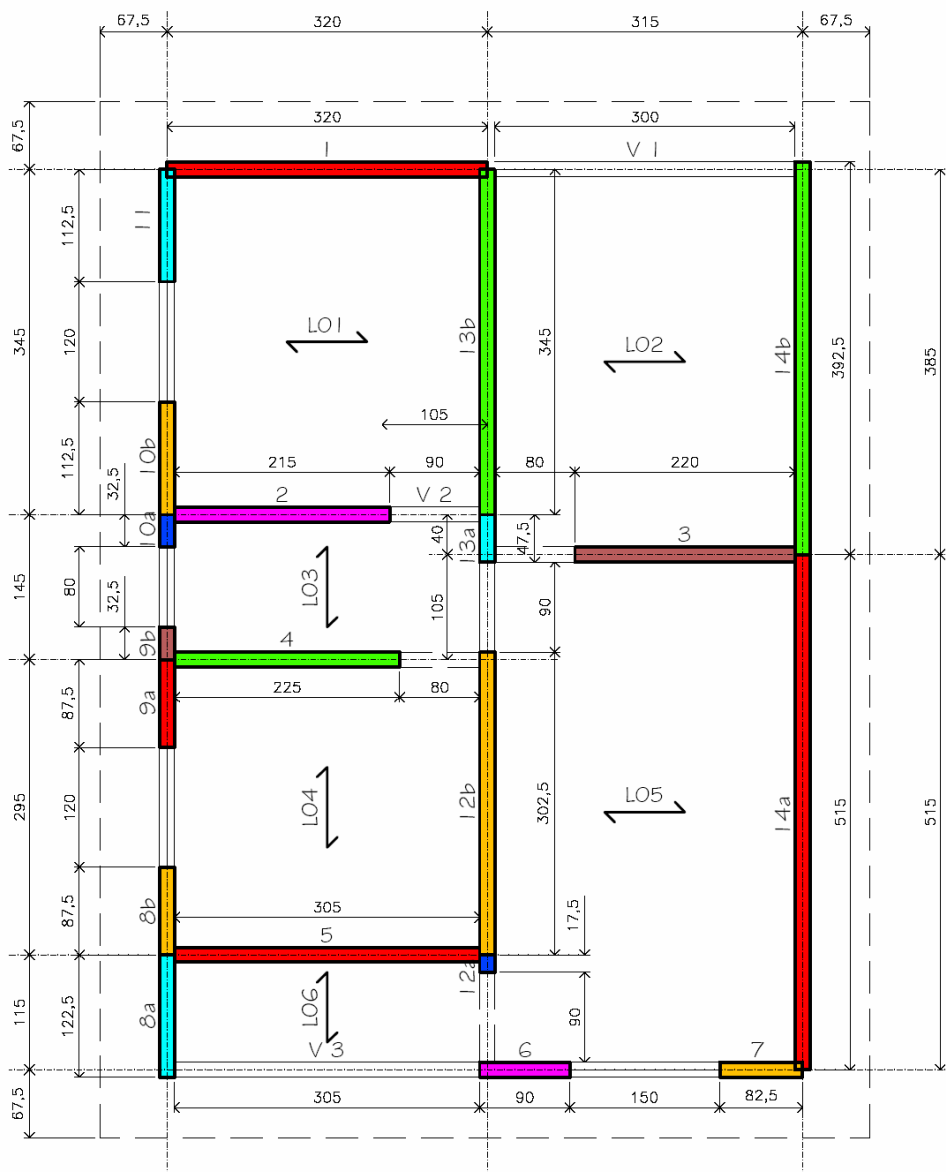


Figura 5.3 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 2

A Tabela 5.12 apresenta os carregamentos nas paredes nesta nova simulação (estrutura 2) e a Tabela 5.13 apresenta o resumo dos carregamentos para as três formas de interação entre paredes. Observa-se que os esforços ficaram maiores nos trechos centrais de menor comprimento (PAR 12a e PAR 13a). As diferenças foram mais acentuadas no método das paredes isoladas do que na distribuição a 45 graus. Pelo método de grupos isolados a divisão de uma parede em trechos não altera o resultado.

Nesta nova situação, os trechos de paredes PAR 12a e PAR 13a foram os mais carregados nos métodos de paredes isoladas e distribuição a 45°, enquanto que por grupos isolados os carregamentos não sofreram alterações, ou seja, esta divisão de paredes é indiferente quando se considera a interação por grupos isolados.

Tabela 5.12– Resumo dos carregamentos - Exemplo 1, estrutura 2

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Vergas, Caixas d'água	Carga no topo	Peso Próprio	Carga na base
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
PAR 1	1,4	1,1	0,0	2,5	20,2	22,7
PAR 2	5,6	1,4	2,5	9,6	13,5	23,1
PAR 3	0,0	0,0	0,8	0,8	13,9	14,6
PAR 4	21,0	0,0	4,0	25,0	14,2	39,2
PAR 5	23,0	0,0	0,0	23,0	19,2	42,2
PAR 6	3,6	5,5	1,8	10,9	5,7	16,6
PAR 7	0,7	0,0	1,4	2,1	5,2	7,3
PAR 8a	0,5	5,5	0,0	6,0	7,7	13,7
PAR 8b	0,6	0,0	1,1	1,8	5,5	7,3
PAR 9a	0,6	0,0	1,1	1,8	5,5	7,3
PAR 9b	0,3	0,0	0,5	0,8	2,0	2,9
PAR 10a	0,3	0,0	0,5	0,8	2,0	2,9
PAR 10b	10,4	0,0	1,1	11,5	7,1	18,6
PAR 11	10,4	0,0	1,1	11,5	7,1	18,6
PAR 12a	3,4	0,0	0,9	4,3	1,1	5,4
PAR 12b	22,8	0,0	3,4	26,2	19,1	45,2
PAR 13a	2,9	0,7	4,1	7,7	3,0	10,7
PAR 13b	40,5	1,8	0,8	43,1	21,7	64,9
PAR 14a	30,6	0,0	0,0	30,6	32,4	63,0
PAR 14b	22,9	2,3	0,0	25,1	24,7	49,9
TOTAL	201,6	18,4	25,1	245,1	230,9	476,0
(%)	42,35%	3,86%	5,28%	51,49%	48,51%	100,00%

Tabela 5.13 – Resumo dos carregamentos - Exemplo 1, estrutura 2

Parede	Paredes Isoladas	Grupos Isolado	Distribuição a 45°	Valor máximo
	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	7,1	14,2	14,3	14,3
PAR 2	10,8	12,4	11,7	12,4
PAR 3	6,6	11,1	11,9	11,9
PAR 4	17,4	14,3	14,9	17,4
PAR 5	13,8	13,6	14,6	14,6
PAR 6	18,4	18,4	18,4	18,4
PAR 7	8,8	11,1	10,3	11,1
PAR 8a	11,2	13,6	11,3	13,6
PAR 8b	8,3	13,6	11,5	13,6
PAR 9a	8,3	14,3	13,0	14,3
PAR 9b	8,8	14,3	13,5	14,3
PAR 10a	8,8	12,4	13,8	13,8
PAR 10b	16,6	12,4	13,2	16,6
PAR 11	16,6	14,2	11,8	16,6
PAR 12a	30,8	13,6	21,5	30,8
PAR 12b	14,9	13,6	13,7	14,9
PAR 13a	22,5	14,2	20,6	22,5
PAR 13b	18,8	14,2	13,9	18,8
PAR 14a	12,2	11,1	10,9	12,2
PAR 14b	12,7	11,1	11,2	12,7
Valor máximo	30,8	18,4	21,5	30,8

O Gráfico 5.2 e o Gráfico 5.3 apresentam as diferenças percentuais dos valores nos trechos a e b relativamente aos valores iniciais, sem a divisão em trechos, resultantes das hipóteses de paredes isoladas e distribuição a 45°, respectivamente. Observa-se que, nos casos em que os trechos têm extensões muito desiguais, as diferenças nos valores dos trechos a e b praticamente não se alteram quando se considera a distribuição a 45° (PAR 12 e PAR 13).

Este procedimento proposto de divisão em trechos (não usual na prática de projetos em alvenaria estrutural) procura aproximar o modelo à situação real, contemplando as diferenças do carregamento de trechos de paredes. No entanto, ele se torna ainda mais conservador. Para paredes isoladas, resultou num acréscimo de 90% no carregamento de uma das paredes divididas, enquanto para distribuição a 45° o acréscimo foi superior a 50%, comparando-se com os valores originais. Posteriormente, no item 5.7.6-Influência da divisão

de paredes no dimensionamento, se mostra o impacto desta proposta estrutural no dimensionamento.

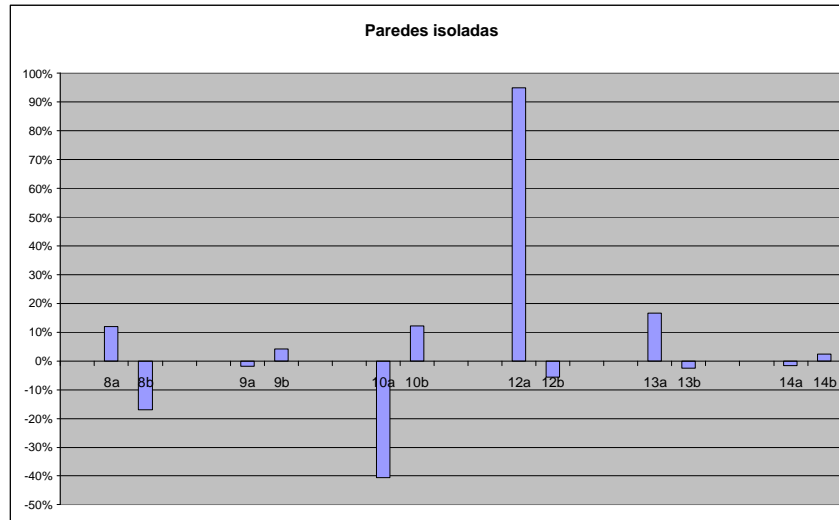


Gráfico 5.2 – Diferenças percentuais nos resultados por paredes isoladas

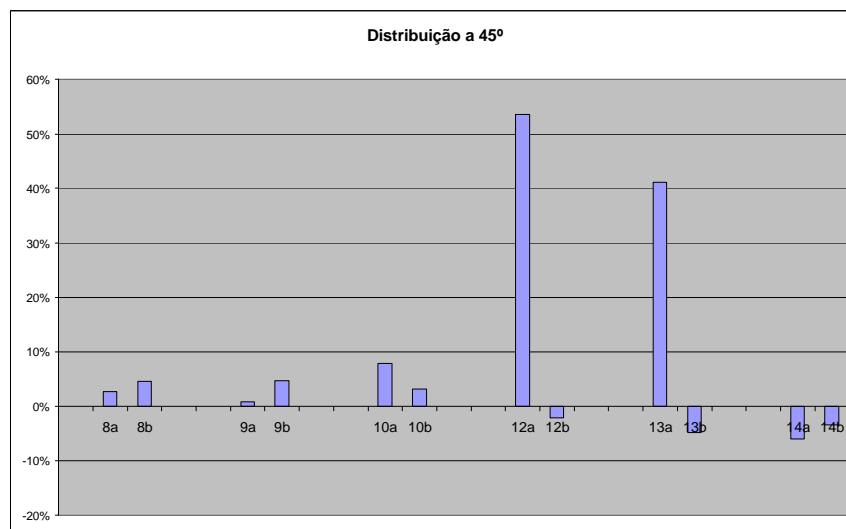


Gráfico 5.3 – Diferenças percentuais nos resultados por distribuição a 45°

5.6 Influência do tipo de laje

Com a proposta estrutural 2 (Figura 5.3), os cálculos para determinação do carregamento nas paredes foram feitos para as outras situações de laje. No caso da laje maciça, considerou-se espessura de 8 cm (de modo que o peso próprio das lajes não se alterou; desta forma, as diferenças nos resultados devem-se somente à ação das lajes).

No Apêndice B.1 são apresentadas as tabelas (Tabela B.1 a Tabela B.4) que contêm os resultados do levantamento de cargas e carregamento nas paredes para estes casos. Os gráficos seguintes (Gráfico 5.4 a Gráfico 5.8) sintetizam os resultados dos carregamentos nas paredes para cada tipo de laje e método de distribuição.

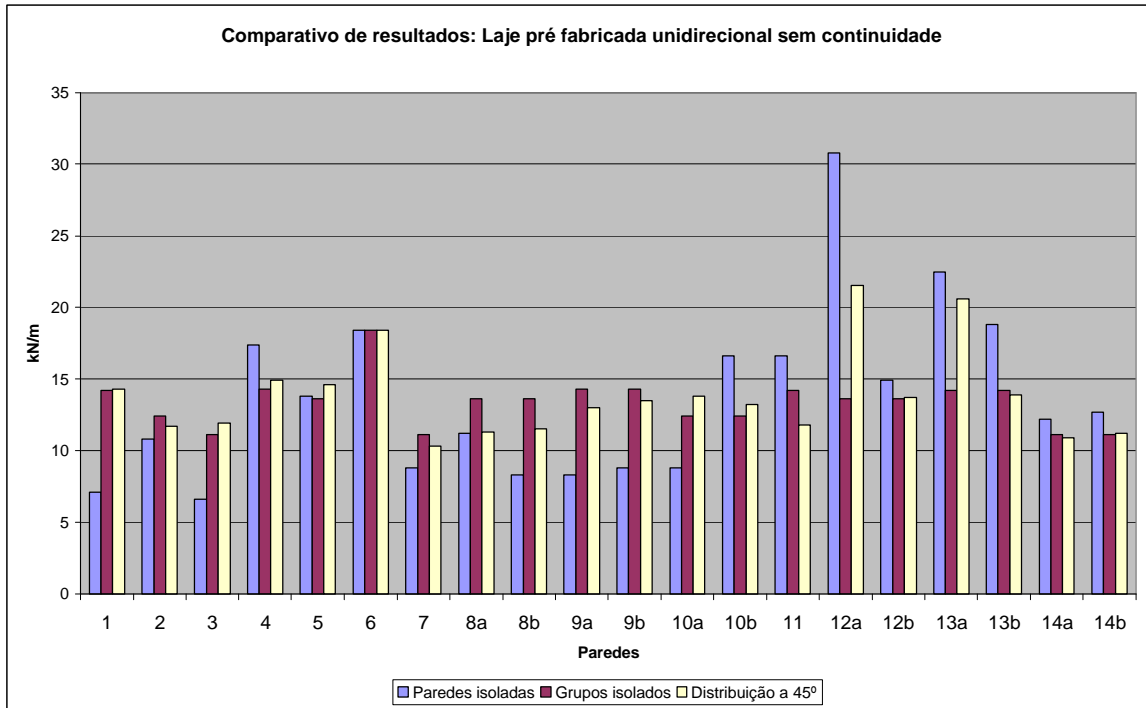


Gráfico 5.4 – Laje pré unidirecional sem continuidade

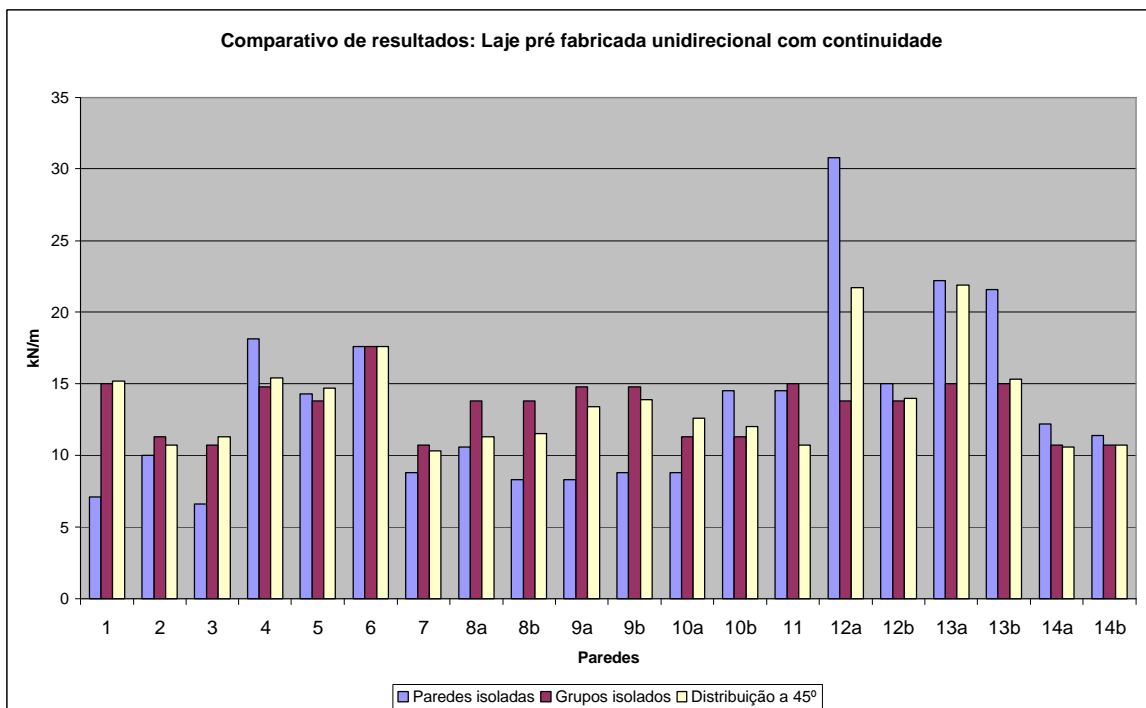


Gráfico 5.5 – Laje pré unidirecional com continuidade

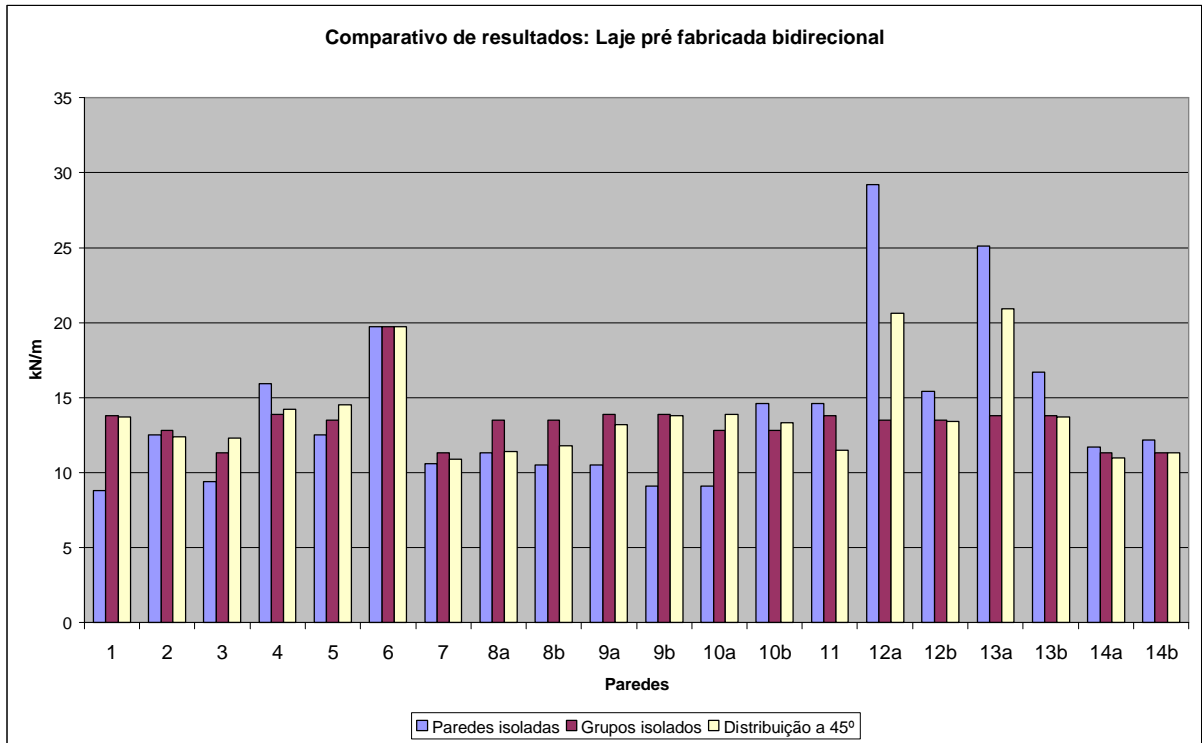


Gráfico 5.6 – Laje pré bidirecional

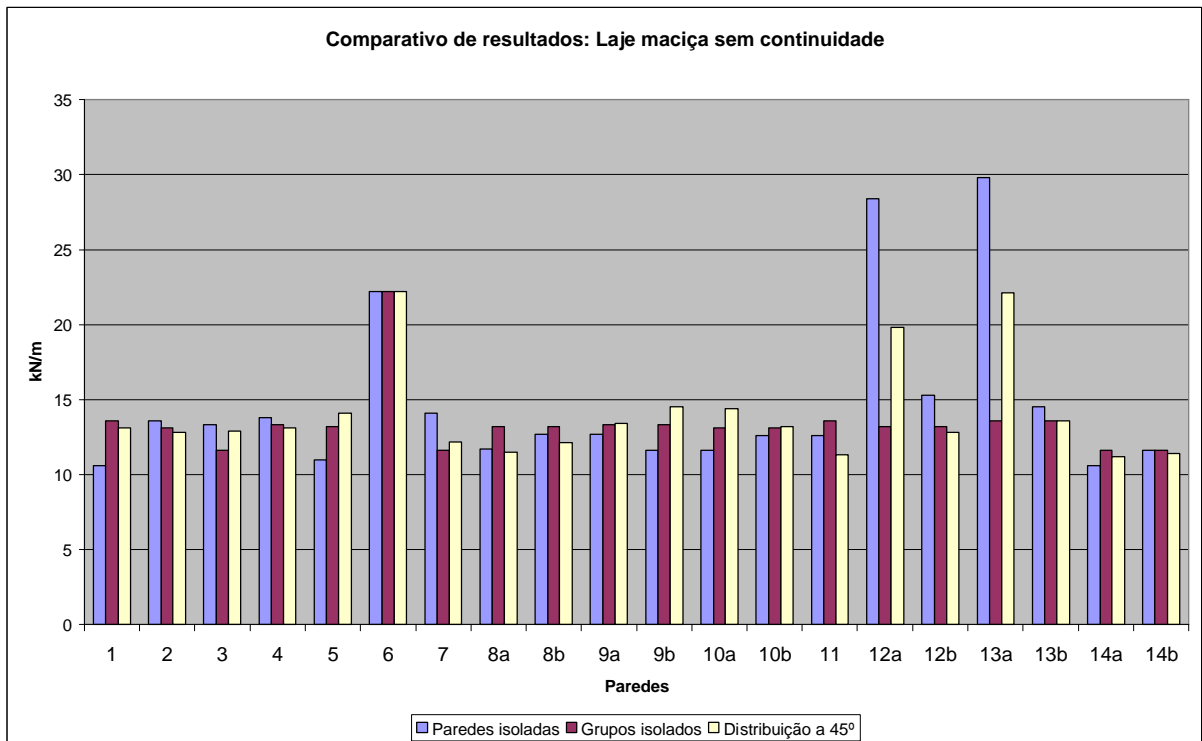


Gráfico 5.7 – Laje maciça sem continuidade

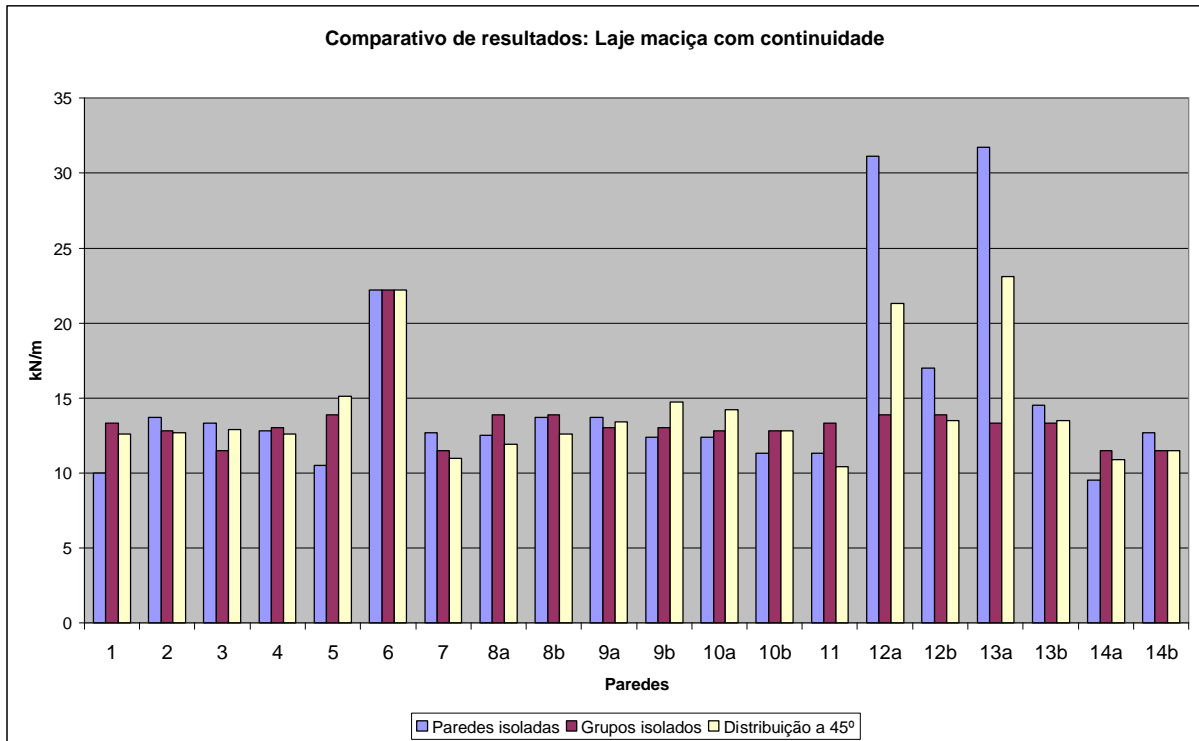


Gráfico 5.8 – Laje maciça com continuidade

A consideração da continuidade tende a sobrecarregar as paredes centrais relativamente às paredes externas. A distribuição de carga da laje maciça sem continuidade resultou em valores mais próximos de um carregamento médio. A distribuição de carga da laje pré-moldada unidirecional (com ou sem continuidade) foi a que apresentou maior variação dos resultados relativos a um carregamento médio.

A utilização da laje pré-moldada bidirecional apresentou resultados intermediários entre os obtidos para as lajes pré-moldadas unidirecionais e as lajes maciças. Considerando a interação entre as paredes (grupos isolados e distribuição a 45°), as diferenças iniciais dos carregamentos das lajes nas paredes diminuiram.

O Gráfico 5.9 destaca a variação percentual entre os resultados obtidos pelo método de paredes isoladas para todos os tipos de laje, relativos à **laje maciça** sem continuidade (usada como referência, já que é o caso mais próximo do carregamento médio). O Gráfico 5.10 apresenta o mesmo conteúdo para o método de grupos isolados e o Gráfico 5.11 para a distribuição a 45°.

Observa-se que a consideração da interação entre paredes reduz as diferenças nos resultados obtidos conforme o tipo de laje. Para paredes isoladas observam-se diferenças de até 50% em algumas paredes, mas a maioria é menor que 30%. Para grupos isolados ou

distribuição a 45°, as diferenças máximas são menores que 15%, reduzindo-se significativamente a influência do tipo de laje, na composição do carregamento das paredes.

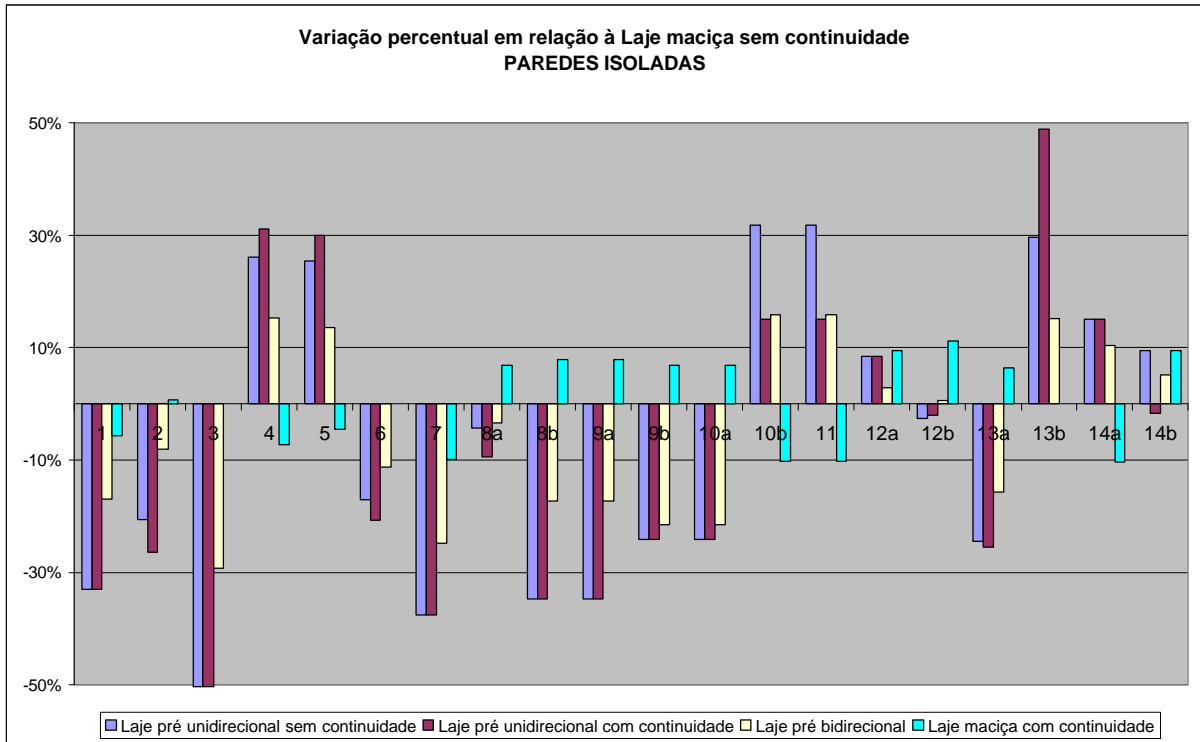


Gráfico 5.9 – Variação do carregamento relativo à laje maciça - paredes isoladas

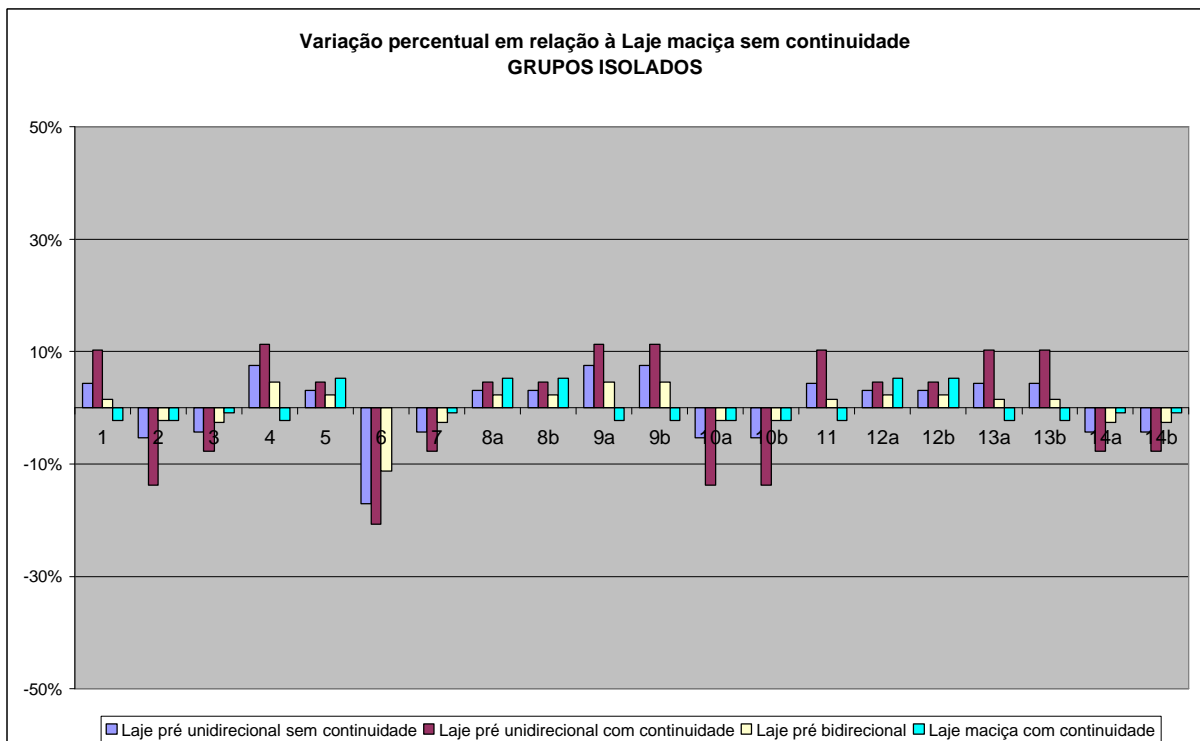


Gráfico 5.10 – Variação do carregamento relativo à laje maciça - grupos isoladas

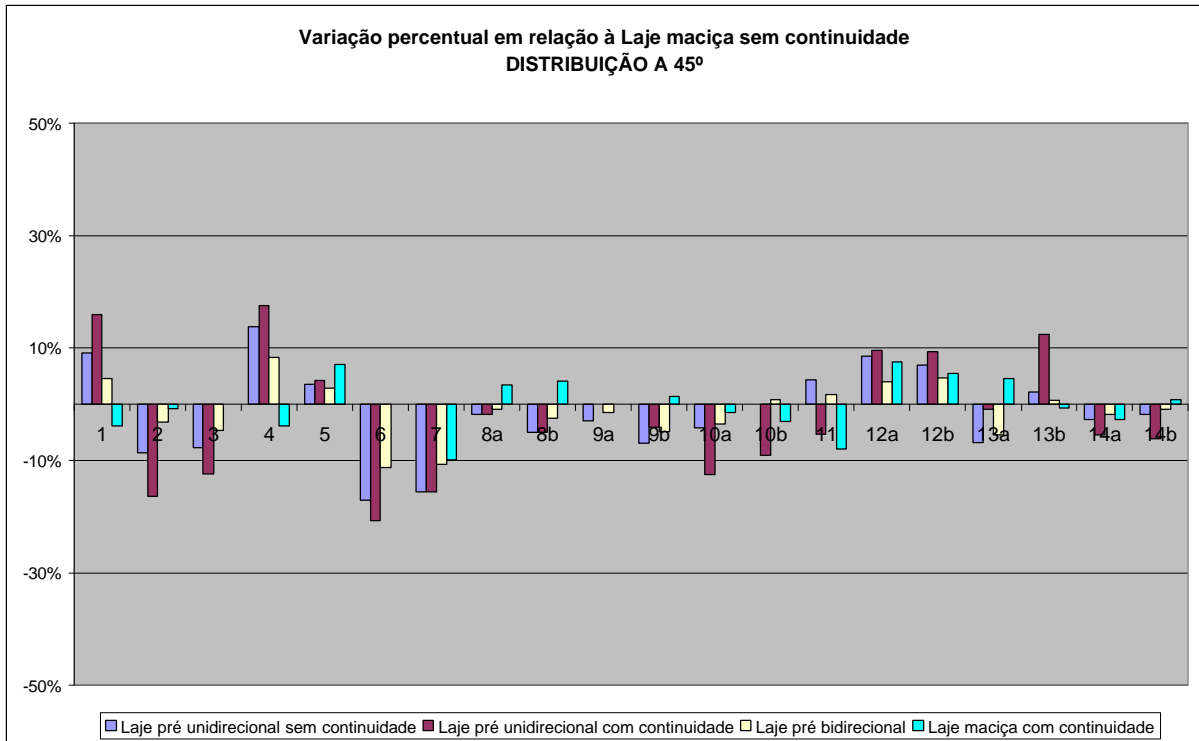


Gráfico 5.11 – Variação do carregamento relativo à laje maciça – distribuição a 45°

5.7 Dimensionamento

Para o dimensionamento das alvenarias do Exemplo 1 foram considerados: proposta estrutural 1 (Figura 5.2), **laje pré-moldada bidirecional e método de paredes isoladas (opção mais conservadora)**. Supôs-se inicialmente alvenaria com **tijolos maciços (espessura de 9 cm e peso próprio de 2,42 kN/m²)** com altura da parede de 3,0 m. A Tabela 5.14 apresenta o carregamento em cada parede, assim como a respectiva excentricidade. O cálculo da excentricidade foi realizado segundo as equações 26 e 27.

Tabela 5.14 – Parâmetros utilizados no dimensionamento – Exemplo 1

Parede	Carregamento			Excentricidade da carga	Peso Próprio	Carga
	esquerda (C ₂)	centrado (C ₁)	direita (C ₃)	e _x		
	(kN)	(kN)	(kN)	(cm)	(kN)	(kN)
PAR 1	1,38	2,18	4,48	1,16	23,23	31,27
PAR 2	3,12	4,58	5,53	0,55	15,61	28,84
PAR 3	3,58	0,87	2,51	0,46	15,97	22,93
PAR 4	6,78	4,24	10,83	0,56	16,34	38,18
PAR 5	12,71	0,00	6,31	1,01	22,14	41,17
PAR 6	4,13	7,57	0,68	0,84	6,53	18,91
PAR 7	1,48	1,63	0,68	0,63	5,99	9,78
PAR 8	1,13	6,75	2,03	0,27	15,25	25,16
PAR 9	0,95	1,89	1,99	0,65	8,71	13,53
PAR 10	1,05	1,89	7,50	1,85	10,53	20,97
PAR 11	0,74	1,31	7,42	2,12	8,17	17,63
PAR 12	7,00	4,46	20,25	1,25	23,23	54,95
PAR 13	14,94	9,49	20,68	0,38	28,50	73,60
PAR 14	46,31	4,36	0,00	1,37	65,88	116,56

5.7.1 Dimensionamento pela NBR 10837:1989

A Tabela 5.15 apresenta os resultados do dimensionamento segundo a NB. O fator de redução devido à esbeltez é função apenas da altura e espessura da parede, não sendo previstas excentricidades acidentais ou devidas ao carregamento (compressão simples). Neste exemplo, as paredes têm a mesma altura e espessura, de modo que o fator de redução (c) é constante. A norma brasileira também não considera a possibilidade de uma altura efetiva menor que a altura real para as paredes com travamento no topo ou na lateral.

- Cálculo do fator de esbeltez:

Dados: $h=300$ cm; $t=9$ cm

$$c = \left[1 - \left(\frac{h}{40.t} \right)^3 \right] = \left[1 - \left(\frac{300}{40.9} \right)^3 \right] = 0,42$$

Tabela 5.15 – Dimensionamento segundo a NB – Exemplo 1

Parede	Dimensões			FS	$c = \left[1 - \left(\frac{h}{40.t} \right)^3 \right]$	Carrega- mento (P)	$f_p = \frac{P}{l.t} \cdot \frac{1}{FS.c}$
	<i>l</i>	<i>t</i>	<i>h</i>				
	(m)	(m)	(m)		(cm)	(kN)	(MPa)
PAR 1	3,20	0,09	3,00	0,20	0,42	31,27	1,29
PAR 2	2,15	0,09	3,00	0,20	0,42	28,84	1,77
PAR 3	2,20	0,09	3,00	0,20	0,42	22,93	1,37
PAR 4	2,25	0,09	3,00	0,20	0,42	38,18	2,24
PAR 5	3,05	0,09	3,00	0,20	0,42	41,17	1,78
PAR 6	0,90	0,09	3,00	0,20	0,42	18,91	2,77
PAR 7	0,83	0,09	3,00	0,20	0,42	9,78	1,56
PAR 8	2,10	0,09	3,00	0,20	0,42	25,16	1,58
PAR 9	1,20	0,09	3,00	0,20	0,42	13,53	1,49
PAR 10	1,45	0,09	3,00	0,20	0,42	20,97	1,91
PAR 11	1,13	0,09	3,00	0,20	0,42	17,63	2,07
PAR 12	3,20	0,09	3,00	0,20	0,42	54,95	2,26
PAR 13	3,93	0,09	3,00	0,20	0,42	73,60	2,47
PAR 14	9,08	0,09	3,00	0,20	0,42	116,56	1,69

5.7.2 Dimensionamento pela BS 5628:1992

A Tabela 5.16 apresenta os valores das características geométricas das paredes para uso no dimensionamento segundo a BS. Para as paredes travadas no topo, a altura efetiva é menor que a altura real. No entanto, para os trechos de parede considerados como pilar ($l < 4t$), a altura efetiva assume o valor da altura real. O valor da espessura efetiva é igual à espessura real. O valor da esbelteza é função da altura efetiva e da espessura real da parede.

A Tabela 5.17 apresenta os resultados do dimensionamento para as três regiões de verificação, com a respectiva resistência necessária da alvenaria, calculada conforme a Equação 38, com $g_m = 3,5$ e $g_f = 1,4$.

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t \cdot b} \quad (35)$$

Três verificações foram realizadas: no topo, na região central e na base da parede, com os correspondentes valores de carregamento e excentricidade. O valor do fator de redução b para tijolos maciços foi calculado segundo a Equação 18, considerando ainda um acréscimo de 10%.

Tabela 5.16 – Dimensionamento segundo a BS – características geométricas – Parte I

Parede	Dimensões			h_{ef}	l	e_x	$e_a = t \cdot \left[\frac{1}{2400} \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 - 0,015 \right]$
	l	t	H				
	(m)	(m)	(m)			(cm)	(cm)
PAR 1	3,20	0,09	3,00	2,25	25,0	1,16	2,21
PAR 2	2,15	0,09	3,00	2,25	25,0	0,55	2,21
PAR 3	2,20	0,09	3,00	2,25	25,0	0,46	2,21
PAR 4	2,25	0,09	3,00	2,25	25,0	0,56	2,21
PAR 5	3,05	0,09	3,00	2,25	25,0	1,01	2,21
PAR 6	0,90	0,09	3,00	2,25	25,0	0,84	2,21
PAR 7	0,83	0,09	3,00	2,25	25,0	0,63	2,21
PAR 8	2,10	0,09	3,00	2,25	25,0	0,27	2,21
PAR 9	1,20	0,09	3,00	2,25	25,0	0,65	2,21
PAR 10	1,45	0,09	3,00	2,25	25,0	1,85	2,21
PAR 11	1,13	0,09	3,00	2,25	25,0	2,12	2,21
PAR 12	3,20	0,09	3,00	2,25	25,0	1,25	2,21
PAR 13	3,93	0,09	3,00	2,25	25,0	0,38	2,21
PAR 14	9,08	0,09	3,00	2,25	25,0	1,37	2,21

Tabela 5.17 – Dimensionamento segundo a BS – Parte II

Parede	Verificação no topo				Verificação no meio				Verificação na base			
	P	e_i	b	f_{alv}	P	e_m	b	f_{alv}	P	e_f	b	f_{alv}
	(kN)	(cm)		(MPa)	(kN)	(cm)		(MPa)	(kN)	(cm)		(MPa)
PAR 1	8,0	1,16	0,82	0,17	19,7	2,90	0,39	0,86	31,3	0,45	0,99	0,54
PAR 2	13,2	0,55	0,97	0,35	21,0	2,54	0,48	1,11	28,8	0,45	0,99	0,74
PAR 3	7,0	0,46	0,99	0,17	14,9	2,49	0,49	0,75	22,9	0,45	0,99	0,57
PAR 4	21,8	0,56	0,96	0,55	30,0	2,54	0,48	1,52	38,2	0,45	0,99	0,93
PAR 5	19,0	1,01	0,85	0,40	30,1	2,81	0,41	1,30	41,2	0,45	0,99	0,74
PAR 6	12,4	0,84	0,90	0,84	15,6	2,71	0,44	2,16	18,9	0,45	0,99	1,16
PAR 7	3,8	0,63	0,95	0,26	6,8	2,59	0,47	0,96	9,8	0,45	0,99	0,65
PAR 8	9,9	0,45	0,99	0,26	17,5	2,37	0,52	0,87	25,2	0,45	0,99	0,66
PAR 9	4,8	0,65	0,94	0,23	9,2	2,60	0,47	0,89	13,5	0,45	0,99	0,62
PAR 10	10,4	1,85	0,65	0,61	15,7	3,32	0,29	2,04	21,0	0,45	0,99	0,80
PAR 11	9,5	2,12	0,58	0,79	13,6	3,48	0,25	2,63	17,6	0,45	0,99	0,86
PAR 12	31,7	1,25	0,79	0,68	43,3	2,96	0,38	1,96	54,9	0,45	0,99	0,94
PAR 13	45,1	0,45	0,99	0,63	59,4	2,44	0,50	1,63	73,6	0,45	0,99	1,03
PAR 14	50,7	1,37	0,76	0,40	83,6	3,03	0,36	1,40	116,6	0,45	0,99	0,71

A título de ilustração, descreve-se o cálculo da parede PAR 6.

- Cálculo da resistência necessária da alvenaria para a parede PAR 6:

Dados: $P_{\text{topo}} = 4,13 + 7,57 + 0,68 = 12,38$ kN; $P_{\text{pp}} = 6,53$ kN

$t = 9$ cm; $l = 90$ cm; $g_m = 3,5$; $g_f = 1,4$

- Análise no topo da parede

$P = P_{\text{topo}} = 12,38$ kN

$e = e_i = e_x = 0,84$ cm

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{0,84}{9} \right] = 0,89$$

$$f_{\text{alv}} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot 12,38}{0,90 \cdot 0,09} = 841 \text{ kN/m}^2 = 0,84 \text{ MPa}$$

- Análise na região central da parede

$P = P_{\text{topo}} + 0,5 \cdot P_{\text{pp}} = 12,38 + 0,5 \cdot 6,53 = 15,64$ kN

$e = e_m = 0,6 \cdot e_x + e_a = 0,6 \cdot 0,84 + 2,21 = 2,71$ cm

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{2,71}{9} \right] = 0,44$$

$$f_{\text{alv}} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot 15,64}{0,90 \cdot 0,09} = 2150 \text{ kN/m}^2 = 2,15 \text{ MPa}$$

- Análise na base da parede

$P = P_{\text{topo}} + P_{\text{pp}} = 12,38 + 6,53 = 18,91$ kN

$e = e_f = 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 9 = 0,45$ cm

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{0,45}{9} \right] = 0,99$$

$$f_a = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot 18,91}{0,90 \cdot 0,09} = 1155 \text{ kN/m}^2 = 1,16 \text{ MPa}$$

- Resistência necessária da parede

$f_{\text{alv}} = \text{maior entre } f_{\text{alv,i}}, f_{\text{alv,m}}, f_{\text{alv,f}} = 2,15 \text{ MPa}$

A verificação realizada na base das paredes não foi crítica, apesar de corresponder ao maior carregamento (a maior excentricidade foi mais significativa). A região central foi determinante. Alguns autores (Oliveira Jr e Pinheiro, 1994 e Curtin e outros, 1995) apresentam exemplos de dimensionamento de edifícios pela norma britânica verificando-se unicamente a base da parede, considerando apenas a excentricidade inicial (ou mesmo desprezando-a), e obtendo o valor de b por tabela. Isso seria viável apenas em edifícios de múltiplos andares.

5.7.3 Dimensionamento pelo Eurocode 6:1995

A Tabela 5.18 apresenta os valores das características geométricas das paredes usadas no dimensionamento. Permite-se a utilização de uma altura efetiva menor que a altura real, conforme o travamento de topo e lateral da parede. Não há diferenciação entre pilares e paredes e, da mesma forma que nas demais normas, no tipo de obra estudado a espessura efetiva é igual à espessura real.

Relativamente às condições de restrição, alguns comentários são interessantes. A parede PAR 1 é restringida no topo pela laje e nas laterais pelas paredes PAR 11 e PAR 13. No entanto, seu comprimento ($l=3,20$ m) é maior que 30 vezes a espessura ($l/t=35,5$). Nestes casos, considera-se a parede restringida apenas no topo. Neste exemplo isto ocorre para todas as paredes com comprimento maior que 2,70 m.

A parede PAR 3 é restringida no topo pela laje e em uma lateral pela parede PAR 14. No entanto, seu comprimento ($l=2,20$ m) é maior que 15 vezes a espessura ($l/t=24,4$). Nestes casos, considera-se a parede restringida apenas no topo. Neste exemplo isto ocorre para todas as paredes com comprimento maior que 1,35m. A parede PAR 6 é restringida no topo pela laje e na lateral pelo trecho de alvenaria junto à porta (espaleta), cuja extensão é muito pequena para promover a restrição lateral.

Pelo EC, a altura efetiva pode ser até um terço da altura real. No entanto, esta possibilidade exige algumas verificações adicionais.

Para paredes sem restrição lateral (travamento apenas no topo) e excentricidade de carga menor que $0,25.t$, utiliza-se $r_2=0,75$; caso $e_x > 0,25.t$, utiliza-se $r_2=1,00$. Neste exemplo, $0,25.t$ equivale a 2,25 cm, valor superior ao maior valor de e_x , que é de 2,12 cm (PAR 11).

Para as paredes com restrição em uma lateral e comprimento menor que $15.t$, pode ser utilizado o fator de redução r_3 , calculado conforme a relação $h \cdot 3,5.l$. Para as paredes com restrição em ambas as laterais e comprimento menor que $30.t$, pode ser utilizado o fator de redução r_4 , calculado conforme a relação $h \cdot l$.

Tabela 5.18 – Dimensionamento segundo o EC – características geometrias – Parte I

Parede	Dimensões			Fator de redução para h_{ef}		h_{ef}	l	e_x	$e_a = \frac{h_{ef}}{450}$
	l	t	h	n	r_n				
	(m)	(m)	(m)					(cm)	(cm)
PAR 1	3,20	0,09	3,00	4	0,75	2,25	25	1,16	0,50
PAR 2	2,15	0,09	3,00	3	0,75	2,25	25	0,55	0,50
PAR 3	2,20	0,09	3,00	3	0,75	2,25	25	0,46	0,50
PAR 4	2,25	0,09	3,00	3	0,75	2,25	25	0,56	0,50
PAR 5	3,05	0,09	3,00	4	0,75	2,25	25	1,01	0,50
PAR 6	0,90	0,09	3,00	2	0,75	2,25	25	0,84	0,50
PAR 7	0,83	0,09	3,00	3	0,41	1,23	14	0,63	0,28
PAR 8	2,10	0,09	3,00	3	0,75	2,25	25	0,27	0,50
PAR 9	1,20	0,09	3,00	3	0,54	1,62	18	0,65	0,36
PAR 10	1,45	0,09	3,00	3	0,75	2,25	25	1,85	0,50
PAR 11	1,13	0,09	3,00	3	0,52	1,56	17	2,12	0,35
PAR 12	3,20	0,09	3,00	3	0,75	2,25	25	1,25	0,50
PAR 13	3,93	0,09	3,00	3	0,75	2,25	25	0,38	0,50
PAR 14	9,08	0,09	3,00	4	0,75	2,25	25	1,37	0,50

Como ilustração, apresenta-se o cálculo da altura efetiva para as paredes PAR 7 e PAR 11.

- Cálculo da altura efetiva da parede PAR 7:

Dados: $l=82,5$ cm; $t= 9$ cm; $h=300$ cm.

$$n=3; l = 82,5 < 15 \cdot t = 15 \cdot 9 = 135 \text{ cm (OK, pode ser utilizado } r_n)$$

$$h = 300 \cdot 3,5 \cdot l = 3,5 \cdot 82,5 = 288,75 \text{ cm (define a formulação de } r_n)$$

$$r_3 = \frac{1,5 \cdot l}{h} = \frac{1,5 \cdot 82,5}{300} = 0,41$$

$$h_{ef} = 300 \cdot 0,41 = 123 \text{ cm}$$

- Cálculo da altura efetiva da parede PAR 11:

Dados: $l=112,5$ cm; $t= 9$ cm; $h=300$ cm.

$$n=3; l = 112,5 < 15 \cdot t = 15 \cdot 9 = 135 \text{ cm (OK, pode ser utilizado } r_n)$$

$$h = 300 \cdot 3,5 \cdot l = 3,5 \cdot 112,5 = 393,75 \text{ cm (define a formulação de } r_n)$$

$$r_2 = 0,75$$

$$r_3 = \frac{1}{1 + \left[\frac{r_2 \cdot h}{3 \cdot L} \right]^2} \cdot r_2 = \frac{1}{1 + \left[\frac{0,75 \cdot 300}{3 \cdot 112,5} \right]^2} \cdot 0,75 = 0,52 \cdot 0,30$$

$$h_{ef} = 300 \cdot 0,52 = 156 \text{ cm}$$

O valor do fator de redução Φ é tabelado (Tabela 3.8), mas para as verificações no topo e na base este valor é calculado segundo a Equação 21, ou seja, $\Phi = 1 - 2e/t$. A diferenciação entre as unidades de alvenaria (tijolos maciços e blocos cerâmicos) é considerada na estimativa da resistência característica da alvenaria e não no cálculo da resistência necessária.

A Tabela 5.19 apresenta os resultados para as três verificações e a resistência necessária da alvenaria, conforme a Equação 39, com $g_m = 3,0$ e $g_f = 1,4$.

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot \frac{P}{L \cdot t}}{q} \tag{36}$$

Tabela 5.19 – Dimensionamento segundo o EC – Parte II

Parede	Verificação no topo				Verificação no meio				Verificação na base			
	P	e _i	F _i	f _{alv}	P	e _m	F _m	f _{alv}	P	e _f	F _f	f _{alv}
	(kN)	(cm)		(MPa)	(kN)	(cm)		(MPa)	(kN)	(cm)		(MPa)
PAR 1	8,0	1,66	0,63	0,19	19,7	1,20	0,33	0,87	31,3	0,50	0,89	0,51
PAR 2	13,2	1,05	0,77	0,37	21,0	0,83	0,41	1,11	28,8	0,50	0,89	0,70
PAR 3	7,0	0,96	0,79	0,19	14,9	0,78	0,43	0,73	22,9	0,50	0,89	0,55
PAR 4	21,8	1,06	0,77	0,59	30,0	0,83	0,41	1,51	38,2	0,50	0,89	0,89
PAR 5	19,0	1,51	0,66	0,44	30,1	1,11	0,35	1,32	41,2	0,50	0,89	0,71
PAR 6	12,4	1,34	0,70	0,91	15,6	1,00	0,37	2,19	18,9	0,50	0,89	1,10
PAR 7	3,8	0,91	0,80	0,27	6,8	0,65	0,73	0,53	9,8	0,45	0,90	0,61
PAR 8	9,9	0,77	0,83	0,27	17,5	0,66	0,46	0,85	25,2	0,50	0,89	0,63
PAR 9	4,8	1,01	0,78	0,24	9,2	0,75	0,61	0,58	13,5	0,45	0,90	0,58
PAR 10	10,4	2,35	0,48	0,70	15,7	1,85	0,20	2,53	21,0	0,50	0,89	0,76
PAR 11	9,5	2,46	0,45	0,87	13,6	2,12	0,32	1,76	17,6	0,45	0,90	0,81
PAR 12	31,7	1,75	0,61	0,76	43,3	1,25	0,33	1,91	54,9	0,50	0,89	0,90
PAR 13	45,1	0,88	0,80	0,67	59,4	0,73	0,43	1,63	73,6	0,50	0,89	0,98
PAR 14	50,7	1,87	0,58	0,45	83,6	1,37	0,29	1,48	116,6	0,50	0,89	0,67

Para ilustração, apresenta-se o cálculo da PAR 6.

- Resistência da alvenaria necessária para a parede PAR 6:

$$\text{Dados: } P_{\text{topo}} = 4,13 + 7,57 + 0,68 = 12,38 \text{ kN}$$

$$P_{\text{pp}} = 6,53 \text{ kN}$$

$$t = 9 \text{ cm}; l = 90 \text{ cm};$$

$$e_x = 0,84 \text{ cm}; e_a = 0,50 \text{ cm}$$

$$g_m = 3,0; g_f = 1,4$$

- Análise no topo da parede

$$P = P_{\text{topo}} = 12,38 \text{ kN}$$

$$e = e_i = e_x + e_a = 0,84 + 0,50 = 1,34 \text{ cm}$$

$$\Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} = 1 - 2 \frac{1,34}{9} = 0,70$$

$$f_{\text{alv}} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{\Phi \cdot l \cdot t} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{12,38}{0,90 \cdot 0,09}}{0,70} = 917 \text{ kN/m}^2 = 0,92 \text{ MPa}$$

- Análise na região central da parede

$$P = P_{\text{topo}} + 0,5 \cdot P_{\text{pp}} = 12,38 + 0,5 \cdot 6,53 = 15,64 \text{ kN}$$

$$e = e_m = 0,6 \cdot e_x + e_a = 0,6 \cdot 0,84 + 0,50 = 1,00 \text{ cm}$$

$$e\% = \frac{e_a}{t} = \frac{1,00}{9} = 0,11, \text{ ou seja } e = 0,11 \cdot t$$

$$l = \frac{h_{\text{ef}}}{t} = \frac{225}{9} = 25$$

$$\Phi = 0,37 \text{ (Tabela 3.9 – com interpolação)}$$

$$f_{\text{alv}} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{\Phi \cdot l \cdot t} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{15,64}{0,90 \cdot 0,09}}{0,37} = 2192 \text{ kN/m}^2 = 2,19 \text{ MPa}$$

- Análise na base da parede

$$P = P_{\text{topo}} + P_{\text{pp}} = 12,38 + 6,53 = 18,91 \text{ kN}$$

$$e = e_f = 0 \cdot e_x + e_a = 0,50 > 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 9 = 0,45 \text{ cm}$$

$$\Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} = 1 - 2 \frac{0,50}{9} = 0,89$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{P}{L \cdot t \cdot \Phi} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{18,91}{0,90 \cdot 0,09}}{0,89} = 1101 \text{ kN/m}^2 = 1,10 \text{ MPa}$$

➤ Resistência necessária da parede

$$f_{alv} = \text{maior entre } f_{alv,i}, f_{alv,m}, f_{alv,f} = 2,19 \text{ MPa}$$

5.7.4 Cálculo da excentricidade

Para ilustrar a diferenciação da excentricidade do carregamento (e_x) e para ilustrar este procedimento, apresenta-se o cálculo para as paredes PAR 5 e PAR 11. A primeira com carregamento excêntrico (ambos os lados) e sem carga centrada; a segunda com um dos carregamentos laterais maior que os demais.

- Cálculo de e_x para a parede PAR 5:

Dados: $C_1=0,00$ kN; $C_2=12,71$ kN; $C_3=6,31$ kN

$t=9$ cm

$$e_x = \frac{(C_2 - C_3) \cdot \frac{t}{3}}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{(12,71 - 6,31) \cdot \frac{9}{3}}{0 + 12,71 + 6,31} = 1,01 \text{ cm}$$

- Cálculo de e_x para a parede PAR 11:

Dados: $C_1=1,31$ kN; $C_2=0,74$ kN; $C_3=7,42$ kN

$t=9$ cm

$$e_x = \frac{(C_2 - C_3) \cdot \frac{t}{3}}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{(0,74 - 7,42) \cdot \frac{9}{3}}{1,31 + 0,74 + 7,42} = -2,12 \text{ cm}$$

O valor negativo de e_x obtido para a parede PAR 11 indica que a excentricidade ocorre do lado em que é aplicado a carga C_3 . Para efeito de dimensionamento da resistência necessária, utiliza-se o valor em módulo.

Observa-se que quanto maior é o carregamento centrado, menor é a excentricidade devido ao carregamento. Desta forma, para edifícios com vários pavimentos, esta excentricidade nos pavimentos inferiores tende a ser mínima. No tipo de obra estudado,

poucas são as paredes com carregamentos centrados predominantes (ocorrem com maior frequência nas paredes inferiores das edificações assobradas). Desta forma, especial atenção deve ser dada à excentricidade durante o dimensionamento.

A excentricidade acidental proposta pelo EC (em função apenas da altura efetiva) é bem menor que a proposta pela BS. A Tabela 5.20 apresenta os valores da excentricidade acidental (e_a) calculadas pela BS e pelo EC. Observa-se que pela BS o valor de e_a aumenta significativamente com o aumento da esbeltez. Pelo EC o aumento no valor de e_a é menos significativo. No exemplo apresentado, verificou-se que a excentricidade acidental foi maior que a excentricidade do carregamento.

Tabela 5.20 – Valores da excentricidade acidental em função da esbeltez

Esbeltez (l)	BS	EC
	$e_a = t \cdot \left[\frac{1}{2400} \left(\frac{h_{ef}}{t} \right)^2 - 0,015 \right]$	$e_a = \frac{h_{ef}}{450}$
	(cm)	(cm)
10	0,03t	0,02t
15	0,08t	0,03t
20	0,15t	0,04t
25	0,24t	0,05t
27	0,29t	0,06t
30	0,36t	0,07t

5.7.5 Influência da esbeltez

Observa-se que a espessura da parede influencia tanto na esbeltez quanto na resistência necessária da parede, pois muda a área de distribuição do carregamento. Esta influência não é linear, ou seja, aumentando-se a espessura, a redução obtida na resistência necessária é proporcionalmente maior. Já a altura da parede influencia apenas na esbeltez; assim, variando-se a altura, a variação na resistência necessária é menor do que a obtida quando da variação da espessura.

Para ilustrar esta situação, considera-se agora que as paredes tenham espessura de 10 cm (aumento de 11% na espessura), sem que sejam alterados os demais valores (registra-se que é comum a existência de tijolos com esta espessura). Considera-se, posteriormente, que a altura seja igual a 270 cm (redução de 10% na altura), sem que sejam alterados os demais valores. Apresenta-se de forma resumida os cálculos para o dimensionamento da parede PAR 6.

Influência da esbeltez pela NB

- Resistência de prisma necessária da parede PAR 6, para $t=10$ cm:

$$c = \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right] = \left[1 - \left(\frac{300}{40 \cdot 10} \right)^3 \right] = 0,58$$

$$f_p = \frac{P}{l \cdot t} \cdot \frac{1}{FS \cdot c} = \frac{18,91}{0,9 \cdot 0,10} \cdot \frac{1}{0,20 \cdot 0,58} = 1811 \text{ kN/m}^2 = 1,81 \text{ MPa}$$

- Resistência de prisma necessária da parede PAR 6, para $h=270$ cm:

$$c = \left[1 - \left(\frac{h}{40 \cdot t} \right)^3 \right] = \left[1 - \left(\frac{270}{40 \cdot 9} \right)^3 \right] = 0,58$$

$$f_p = \frac{P}{l \cdot t} \cdot \frac{1}{FS \cdot c} = \frac{18,91}{0,9 \cdot 0,09} \cdot \frac{1}{0,20 \cdot 0,58} = 2013 \text{ kN/m}^2 = 2,01 \text{ MPa}$$

Pode-se observar que, em ambos os casos, o valor do fator de redução devido à esbeltez aumentou 38%, o que por si só já reduz a resistência necessária. A resistência de prisma para $t=10$ cm (1,81 MPa) foi 35% menor, para um aumento de 11% na espessura. A resistência de prisma para $h = 270$ cm (2,01 MPa) foi 27% menor, para uma redução de 10% na altura. Ou seja, a influência da espessura no resultado final é maior do que a da altura.

Influência da esbeltez pela BS

Pela norma britânica, a espessura influencia a excentricidade do carregamento, a excentricidade acidental, a esbeltez e a área da seção resistente. A altura, por sua vez, influencia as excentricidades e a esbeltez. Apresenta-se o dimensionamento da parede PAR 6 para quantificar esta influência.

- Resistência necessária da alvenaria para a parede PAR 6, para $t=10$ cm:

➤ Cálculo das excentricidades

$$e_x = \frac{(C_2 - C_3) \cdot \frac{t}{3}}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{(4,13 - 0,68) \cdot \frac{10}{3}}{7,57 + 4,13 + 0,68} = 0,93 \text{ cm}$$

$$e_a = t \cdot \left[\frac{1}{2400} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 - 0,015 \right] = 10 \cdot \left[\frac{1}{2400} \cdot \left(\frac{225}{10} \right)^2 - 0,015 \right] = 1,96 \text{ cm}$$

➤ Topo: $e = e_i = e_x = 0,93 \text{ cm};$

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{0,93}{10} \right] = 0,89$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{12,38}{0,90 \cdot 0,10}}{0,89} = 757 \text{ kN/m}^2 = 0,76 \text{ MPa}$$

➤ Meio: $e = e_m = 0,6 \cdot e_x + e_a = 0,6 \cdot 0,93 + 1,96 = 2,52 \text{ cm}$

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{2,52}{10} \right] = 0,55$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{15,64}{0,90 \cdot 0,10}}{0,55} = 1548 \text{ kN/m}^2 = 1,55 \text{ MPa}$$

➤ Base: $e = e_f = 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 10 = 0,50 \text{ cm}$

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{0,50}{10} \right] = 0,99$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{18,91}{0,90 \cdot 0,10}}{0,99} = 1040 \text{ kN/m}^2 = 1,04 \text{ MPa}$$

➤ Resistência final: $f_{alv} = \text{maior entre } f_{alv,i}, f_{alv,m}, f_{alv,f} = 1,55 \text{ MPa}$

- Resistência necessária da alvenaria para a parede PAR 6, para $h=270\text{cm}$:

➤ Cálculo da excentricidade

$$e_a = t \cdot \left[\frac{1}{2400} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 - 0,015 \right] = 9 \cdot \left[\frac{1}{2400} \cdot \left(\frac{202,5}{9} \right)^2 - 0,015 \right] = 1,76 \text{ cm}$$

➤ Topo: $e = e_i = e_x = 0,84 \text{ cm}$

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{0,84}{9} \right] = 0,89$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{12,38}{0,90 \cdot 0,09}}{0,89} = 841 \text{ kN/m}^2 = 0,84 \text{ MPa}$$

➤ Meio: $e = e_m = 0,6 \cdot e_x + e_a = 0,6 \cdot 0,84 + 1,76 = 2,26 \text{ cm}$

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{2,26}{9} \right] = 0,55$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{15,64}{0,90 \cdot 0,09}}{0,55} = 1720 \text{ kN/m}^2 = 1,72 \text{ MPa}$$

➤ Base: $e = e_f = 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 9 = 0,45 \text{ cm}$

$$b = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{e}{t} \right] = 1,1 \cdot \left[1 - 2 \frac{0,45}{9} \right] = 0,99$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{18,91}{0,90 \cdot 0,09}}{0,99} = 1155 \text{ kN/m}^2 = 1,15 \text{ MPa}$$

➤ Resistência final: $f_{alv} = \text{maior entre } f_{alv,i}, f_{alv,m}, f_{alv,f} = 1,72 \text{ MPa}$

Observou-se que em ambos os casos ocorreu redução na resistência necessária da alvenaria. A resistência necessária da alvenaria para $t=10 \text{ cm}$ (1,55 MPa) foi 28% menor, para um aumento de 11% na espessura. A resistência necessária da alvenaria para $h = 270 \text{ cm}$ (1,72 MPa) foi 20% menor, para um aumento de 10% na altura. Ou seja, a influência da espessura no resultado final também é maior do que a da altura, embora em ambos os casos as variações tenham sido menores do que as observadas na mesma simulação pela norma brasileira.

Influência da esbeltez pelo EC

Para destacar a influência da espessura e da altura no dimensionamento pelo EC apresentam-se os cálculos da parede PAR 6 nas duas situações: alterando-se o valor da espessura para 10 cm e o valor da altura para 270 cm.

- Resistência da alvenaria necessária da parede PAR 6 para $t=10\text{cm}$:
 - Cálculo da excentricidade e altura efetiva

$$e_x = \frac{(C_2 - C_3) \cdot \frac{t}{3}}{C_1 + C_2 + C_3} = \frac{(4,13 - 0,68) \cdot \frac{10}{3}}{7,57 + 4,13 + 0,68} = 0,93 \text{ cm}$$

$$n=2; r_2=0,75 \quad \Rightarrow \quad h_{ef} = r_2 \cdot h = 0,75 \cdot 300 = 225 \text{ cm}$$

$$e_a = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{225}{450} = 0,50 \text{ cm}$$

➤ Topo: $e = e_t = e_x + e_a = 0,93 + 0,50 = 1,43 \text{ cm}$

$$\Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} = 1 - 2 \frac{1,43}{10} = 0,71$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot \frac{P}{l \cdot t}}{\Phi} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{12,38}{0,90 \cdot 0,10}}{0,71} = 814 \text{ kN/m}^2 = 0,81 \text{ MPa}$$

➤ Meio: $e = e_m = 0,6 \cdot e_x + e_a = 0,6 \cdot 0,93 + 0,50 = 1,06 \text{ cm}$

$$e\% = \frac{e_a}{t} = \frac{1,06}{10} = 0,11, \text{ ou seja } e = 0,11 \cdot t$$

$$l = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{225}{10} = 22,5, \text{ adotado } l = 23$$

$$\Phi = 0,44 \text{ (Tabela 3.9 – com interpolação)}$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot \frac{P}{l \cdot t}}{\Phi} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{15,64}{0,90 \cdot 0,10}}{0,44} = 1659 \text{ kN/m}^2 = 1,66 \text{ MPa}$$

➤ Base: $e = e_b = 0 \cdot e_x + e_a = 0,50 \text{ (= } 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 10 = 0,50 \text{ cm)}$

$$\Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} = 1 - 2 \frac{0,50}{10} = 0,90$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot \frac{P}{l \cdot t}}{\Phi} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{18,91}{0,90 \cdot 0,10}}{0,90} = 980 \text{ kN/m}^2 = 0,98 \text{ MPa}$$

➤ Resistência final: $f_{alv} = \text{maior entre } f_{alv,i}, f_{alv,m}, f_{alv,f} = 1,66 \text{ MPa}$

- Resistência da alvenaria necessária da parede PAR 6 para $h=270\text{cm}$:

➤ Cálculo da excentricidade e altura efetiva

$$n=2; r_2=0,75 \quad \Rightarrow \quad h_{ef} = r_2 \cdot h = 0,75 \cdot 270 = 202,5 \text{ cm}$$

$$e_a = \frac{h_{ef}}{450} = \frac{202,5}{450} = 0,45 \text{ cm}$$

➤ Topo: $e = e_i = e_x + e_a = 0,84 + 0,45 = 1,29 \text{ cm}$

$$\Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} = 1 - 2 \frac{1,29}{9} = 0,71$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot \frac{P}{l \cdot t}}{\Phi} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{12,38}{0,90 \cdot 0,09}}{0,71} = 904 \text{ kN/m}^2 = 0,90 \text{ MPa}$$

➤ Meio: $e = e_m = 0,6 \cdot e_x + e_a = 0,6 \cdot 0,84 + 0,45 = 0,95 \text{ cm}$

$$e\% = \frac{e_a}{t} = \frac{0,95}{9} = 0,11, \text{ ou seja } e = 0,11 \cdot t$$

$$l = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{202,5}{9} = 22,5, \text{ adotado } l = 23$$

$$\Phi = 0,44 \text{ (Tabela 3.9 – com interpolação)}$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot \frac{P}{l \cdot t}}{\Phi} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{15,64}{0,90 \cdot 0,09}}{0,44} = 1843 \text{ kN/m}^2 = 1,84 \text{ MPa}$$

➤ Base: $e = e_f = 0 \cdot e_x + e_a = 0,45 \text{ (= } 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 9 = 0,45 \text{ cm)}$

$$\Phi = 1 - 2 \frac{e}{t} = 1 - 2 \frac{0,45}{9} = 0,90$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot \frac{P}{l \cdot t}}{\Phi} = 3,0 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{18,91}{0,90 \cdot 0,09}}{0,90} = 1089 \text{ kN/m}^2 = 1,09 \text{ MPa}$$

➤ Resistência final: $f_{alv} = \text{maior entre } f_{alv,i}, f_{alv,m}, f_{alv,f} = 1,84 \text{ MPa}$

Novamente, em ambos os casos há redução na resistência necessária da alvenaria. Pelo EC, a excentricidade acidental é função da altura, independente da espessura. A resistência necessária da alvenaria para $t=10 \text{ cm}$ (1,66 MPa) foi 24% menor, para um aumento de 11% na espessura. A resistência necessária da alvenaria para $h=270 \text{ cm}$ (1,84 MPa) foi 16% menor, para um aumento de 10% na altura. Ou seja, a influência da espessura no resultado final é maior do que a altura, embora com menores variações do que as obtidas pela norma brasileira e britânica.

O Gráfico 5.12 apresenta o comparativo dos resultados do dimensionamento da parede PAR 6, para as alterações na espessura e altura da parede. Em todas as normas, a influência da espessura na resistência necessária da parede é maior do que a da altura. Na NB a influência, tanto na espessura como na altura é maior que nas normas BS e EC.

Em ambos os casos apresentados haveria alteração do peso próprio da parede, o que foi descartado para destacar o efeito destes parâmetros. No item 5.7.7 - Influência do tipo de alvenaria, analisa-se a influência do tipo de alvenaria, alterando-se o material (tijolo maciço e bloco cerâmico), a espessura (9 a 19 cm) e o peso próprio de cada situação.

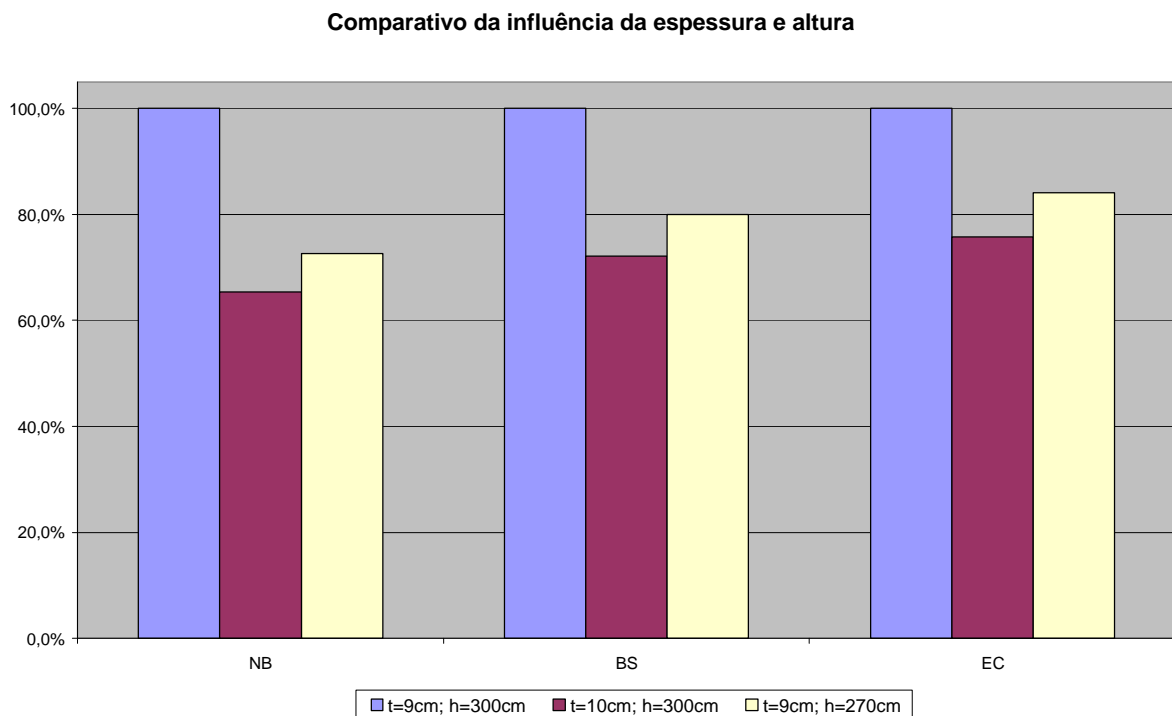


Gráfico 5.12 – Comparativo da influência da espessura e altura no dimensionamento

5.7.6 Influência da divisão de paredes no dimensionamento

A Tabela 5.21 apresenta o comparativo dos resultados do dimensionamento para as três normas estudadas, considerando a estrutura original (proposta 1) e a proposta de divisão das paredes contemplando as diferenças dos carregamentos (proposta 2). Observa-se que a divisão das paredes proposta resulta em vários trechos com extensão pequena, tratadas como pilares pelas normas NB e BS. Na BS estes trechos são muito penalizados, resultando em um dimensionamento atípico, como por exemplo nas paredes PAR 9b, PAR 10a e PAR 12a.

Tabela 5.21 – Comparativo no resultado do dimensionamento entre as normas

Parede	Estrutura 1			Estrutura 2		
	Resistência Necessária			Resistência Necessária		
	NB f_p	BS f_{alv}	EC f_{alv}	NB f_p	BS f_{alv}	EC f_{alv}
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	1,29	0,86	0,87	1,29	0,86	0,87
2	1,77	1,11	1,11	1,77	1,11	1,11
3	1,37	0,75	0,73	1,37	0,75	0,73
4	2,24	1,52	1,51	2,24	1,52	1,51
5	1,78	1,30	1,32	1,78	1,30	1,32
6	2,77	2,16	2,19	2,77	2,15	2,19
7	1,56	0,96	0,61	1,56	0,96	0,61
8a	1,58	0,87	0,85	1,61	0,88	0,63
8b				1,54	1,05	0,60
9a	1,49	0,89	0,58	1,54	1,05	0,60
9b				1,50	35,01	0,53
10a	1,91	2,04	2,53	1,50	35,01	0,53
10b				2,07	2,63	1,76
11	2,07	2,63	1,76	2,07	2,63	1,76
12a	2,26	1,96	1,91	4,53	*	2,45
12b				2,16	1,75	1,70
13a	2,47	1,63	1,63	3,50	3,21	1,49
13b				2,33	1,43	1,37
14a	1,69	1,40	1,48	1,67	1,44	1,54
14b				1,73	1,35	1,34

* A PAR 12a apresenta inconsistência no dimensionamento devido à alta excentricidade total ($f_{alv} = - 7,19$ MPa)

Pela NB, apenas o trecho de parede PAR 12a apresentou resistência necessária muito maior (dobro) do que a obtida na situação original. Para os demais trechos de paredes as variações na resistência necessária foram pequenas.

Pela BS, nos trechos de pequena extensão ($L < 60$ cm), considerados como pilares, a altura efetiva é igual à altura real da parede. Isto gerou valores elevados para a excentricidade acidental e valores reduzidos (inclusive negativo) para o fator b. Observa-se, portanto, valores muito elevados e incompatíveis, mostrando a inviabilidade de criar estas paredes “fictícias” de pequena extensão para esta formulação da BS (ver paredes PAR 9b, PAR 10a e PAR 12a).

Pelo EC, ao contrário do ocorrido na BS, os trechos de pequena extensão e com travamentos laterais foram beneficiados com a consideração da altura efetiva ainda menor

(igual a 0,49 m para as paredes PAR 9b e PAR 10a). Mesmo a parede PAR12a, que pela NB e BS apresentou valores díspares do obtido na PAR 12, a variação na resistência necessária foi menor. As maiores variações ocorreram nas paredes PAR 10 e PAR 12, a primeira reduzindo o valor da resistência necessária (PAR 10a) e a segunda aumentando este valor (PAR 12a)

Para ilustrar a influência da extensão da parede no dimensionamento pela BS, apresenta-se como exemplo o dimensionamento de duas paredes, sendo o comprimento de uma o dobro da outra. Os valores do carregamento e da excentricidade são mantidos iguais, de forma que a única diferença no dimensionamento é o comprimento das paredes.

Parede 1, $l = 40$ cm

Dados: $t = 9$ cm; $l = 40$ cm;
 $P_{\text{topo}} = 10,00$ kN/m = 4,00 kN
 $P_{\text{pp}} = 2,80$ kN
 $n = 2$; $r_2 = 1,00$; $h_{\text{ef}} = 280$ cm
 $e_x = 0,60$ cm; $e_a = 3,49$ cm
 $g_m = 3,5$; $g_f = 1,4$

Topo: $e_i = 0,60$ cm; $b = 0,87$; $f_{\text{alv}} = 0,63$ MPa

Meio: $e_m = 3,85$ cm; $b = 0,14$; $f_{\text{alv}} = 5,12$ MPa

Base: $e_f = 0,45$ cm; $b = 0,90$; $f_{\text{alv}} = 1,03$ MPa

Resistência final: $f_{\text{alv}} = 5,12$ MPa

Parede 2, $l = 80$ cm

Dados: $t = 9$ cm; $l = 80$ cm;
 $P_{\text{topo}} = 10,00$ kN/m = 8,00 kN
 $P_{\text{pp}} = 5,60$ kN
 $n = 2$; $r_2 = 0,75$; $h_{\text{ef}} = 210$ cm
 $e_x = 0,60$ cm; $e_a = 1,91$ cm
 $g_m = 3,5$; $g_f = 1,4$

Topo: $e_i = 0,60$ cm; $b = 0,87$; $f_{\text{alv}} = 0,63$ MPa

Meio: $e_m = 2,27$ cm; $b = 0,50$; $f_{\text{alv}} = 1,48$ MPa

Base: $e_f = 0,45$ cm; $b = 0,90$; $f_{\text{alv}} = 1,03$ MPa

Resistência final: $f_{\text{alv}} = 1,48$ MPa

O dimensionamento pelo EC também apresenta valores maiores de resistência necessária para as paredes isoladas de pequena extensão. Para o mesmo exemplo os valores seriam 2,25 MPa e 1,36 MPa, respectivamente para as paredes 1 e 2. Caso exista o travamento lateral, os valores são reduzidos para 0,88 MPa em ambas as paredes deste exemplo.

Apesar de todas as diferenças entre as normas (excentricidade, altura efetiva e coeficientes de segurança), os resultados de resistência máxima das alvenarias variaram menos que 10% entre uma norma e outra, segundo a proposta estrutural 1. No entanto, a comparação do resultado individual de cada parede indica diferenças maiores. Além disso, apesar dos valores próximos, a maior resistência necessária obtida entre as três normas (em negrito na tabela) não se refere à mesma parede.

Lembra-se ainda que os valores obtidos pela NB são ilustrativos, uma vez que a alvenaria utilizada não é contemplada por esta norma. Os valores obtidos pela BS são exclusivos para alvenaria executadas com tijolos maciços, visto que a formulação do fator de redução b utilizado neste exemplo é específica para tijolos maciços. Considerando a utilização de blocos cerâmicos, o fator b é obtido por tabela. Para ilustrar esta situação, considera-se que a parede PAR 6 seja executada com blocos cerâmicos, mantendo-se a espessura de 9 cm e altura de 270 cm (a redução da altura é necessária para se obter valores possíveis para b). O resumo do dimensionamento é apresentado a seguir.

- Resistência da alvenaria: PAR 6, $h=270\text{cm}$, bloco cerâmico, $t=9\text{cm}$:

- Cálculo da excentricidade

$$e_x = 0,84 \text{ cm}$$

$$n=2; r_2=0,75 \quad \Rightarrow \quad h_{ef} = r_2 \cdot h = 0,75 \cdot 270 = 202,5 \text{ cm}$$

$$e_a = t \cdot \left[\frac{1}{2400} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \right)^2 - 0,015 \right] = 9 \cdot \left[\frac{1}{2400} \cdot \left(\frac{202,5}{9} \right)^2 - 0,015 \right] = 1,76 \text{ cm}$$

- Topo: $P = P_{\text{topo}} = 12,38 \text{ kN}$

$$e = e_i = e_x = 0,84 \text{ cm}$$

$$e\% = \frac{e_a}{t} = \frac{0,84}{9} = 0,09, \text{ ou seja } e=0,09 \cdot t$$

$$l = \frac{h_{ef}}{t} = \frac{202,5}{9} = 22,5, \text{ adotado } l = 23$$

$$b = 0,53 \text{ (Tabela 3.8 – com interpolação)}$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot 12,38}{0,90 \cdot 0,09} = 1413 \text{ kN/m}^2 = 1,41 \text{ MPa}$$

- Meio: $P = P_{\text{topo}} + 0,5 \cdot P_{\text{pp}} = 12,38 + 0,5 \cdot 6,53 = 15,64 \text{ kN}$

$$e = e_m = 0,6 \cdot e_x + e_a = 0,6 \cdot 0,84 + 1,76 = 2,26 \text{ cm}$$

$$e\% = \frac{e_a}{t} = \frac{2,26}{9} = 0,25, \text{ ou seja, } e=0,25 \cdot t$$

$$l = 23$$

$$b = 0,32 \text{ (Tabela 3.8 – com interpolação)}$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{15,64}{0,90 \cdot 0,09}}{0,32} = 2957 \text{ kN/m}^2 = 2,96 \text{ MPa}$$

➤ Base: $P = P_{\text{topo}} + P_{\text{pp}} = 12,38 + 6,53 = 18,91 \text{ kN}$

$$e = e_f = 0,05 \cdot t = 0,05 \cdot 9 = 0,45 \text{ cm}$$

$$e\% = \frac{e_a}{t} = \frac{0,45}{9} = 0,05, \text{ ou seja } e = 0,05 \cdot t$$

$$l = 22,5$$

$$b = 0,58 \text{ (Tabela 3.8 – com interpolação)}$$

$$f_{alv} = g_m \cdot \frac{g_f \cdot P}{l \cdot t} = 3,5 \cdot \frac{1,4 \cdot \frac{18,91}{0,90 \cdot 0,09}}{0,58} = 1972 \text{ kN/m}^2 = 1,97 \text{ MPa}$$

➤ Resistência final $f_{alv} = \text{maior entre } f_{alv,i}, f_{alv,m}, f_{alv,f} = 2,96 \text{ MPa}$

Na mesma simulação com tijolos maciços (altura de 2,70m e espessura de 9 cm), a resistência necessária foi de 1,72 MPa, contra 2,96 MPa para o bloco cerâmico. A diferença deve-se ao fator b. No entanto, os materiais utilizados no tipo de obra estudado (principalmente os blocos cerâmicos com furos na horizontal) nem sempre atendem a todos os requisitos da norma britânica. Desta forma, para estes blocos os resultados pela norma britânica são apenas ilustrativos.

5.7.7 Influência do tipo de alvenaria

A variação da unidade de alvenaria (tijolo ou bloco) influencia no peso próprio e na esbeltez (conseqüentemente, no carregamento e na resistência da parede). No dimensionamento, a espessura da parede é definida pelas dimensões da unidade de alvenaria e o peso próprio depende também das juntas de assentamento e do revestimento.

Os tijolos maciços e os blocos de 8 ou 9 furos são as unidades mais utilizadas. Suas dimensões variam conforme o fornecedor; os tijolos maciços são utilizados nas espessuras (sem revestimento) de 9, 10, 12, 14, 19 e 22 cm, conforme a dimensão da unidade. Os blocos cerâmicos de 8 furos, com dimensões aproximadamente padronizadas de 9x19x19 cm, são utilizados nas espessuras (sem revestimento) de 9 e 19 cm. Os blocos cerâmicos de 9 furos, com dimensões aproximadas de 11,5x14x24 cm, são utilizados nas espessuras de 11,5 e 14 cm.

Normalmente, os valores aproximados das juntas horizontais e verticais são 1,5 cm e 1,0 cm respectivamente, sendo que para os blocos cerâmicos existe a possibilidade de executar o assentamento sem a junta vertical. Para os revestimentos externo e interno, os valores são próximos de 2,0 cm. Para os blocos cerâmicos, existe a possibilidade de utilizar revestimento em gesso ao invés do revestimento em argamassa nas áreas secas (dormitórios, sala, corredores).

A Tabela 5.22 apresenta 5 tipos de alvenaria (que serão estudadas neste trabalho), com as respectivas espessuras e peso próprio. O peso específico da argamassa de assentamento e de revestimento foi adotado igual a 19 kN/m³. Foi desprezado o peso de revestimento cerâmico, que poderia ser acrescido ao peso da parede. Na parede de tijolo maciço, empregou-se a espessura de 10 cm.

Tabela 5.22 – Tipos de alvenaria, espessura e peso próprio

Tipo	Descrição	Esp. da parede	Peso do componente	Peso da parede acabada
		(cm)	(N/pç)	(kN/m²)
1	Tijolo maciço 10x5x19; juntas horizontais de 1,5 cm e verticais de 1,0 cm, revestimento em argamassa com 2,0 cm em ambas as faces	10	15	2,48
2	Bloco cerâmico 8 furos 9x19x19; junta horizontal de 1,5 cm, sem junta vertical, revestimento em argamassa com 2,0 cm em ambas as faces	9	25	1,53
3	Bloco cerâmico 8 furos 9x19x19; junta horizontal de 1,5 cm, sem junta vertical, revestimento em argamassa com 2,0 cm em ambas as faces	19	25	2,56
4	Bloco cerâmico 9 furos 11,5x14x24; junta horizontal de 1,5 cm, sem junta vertical, revestimento em argamassa com 2,0 cm em ambas as faces	11,5	29	1,76
5	Bloco cerâmico 9 furos 11,5x14x24; junta horizontal de 1,5 cm, sem junta vertical, revestimento em argamassa com 2,0 cm em ambas as faces	14	29	2,01

O tijolo maciço representa a opção com maior peso próprio e o bloco cerâmico de 8 furos a opção com menor peso próprio. Com espessuras próximas (10 e 9 cm), pode-se esperar menor resistência necessária para a alvenaria com o bloco cerâmico. No entanto, como já apresentado, para diferenças de 10% na espessura, a variação na resistência é superior a 25% e o dimensionamento pela BS favorece o tijolo maciço.

A influência do revestimento não foi considerada no dimensionamento, embora seja conhecido que o revestimento em argamassa (quando bem solidarizado na parede) fornece um acréscimo de resistência para a alvenaria.

Para estudar a influência do tipo de alvenaria no dimensionamento, adotou-se nova proposta de estrutura (Estrutura 3), obtida a partir da estrutura original, dividindo-se em dois trechos apenas a parede PAR 14 (por ser muito extensa), resultando dois trechos de tamanho similar, conforme apresentado na Figura 5.4. Considerou-se ainda a utilização da

laje pré-moldada bidirecional (situação mais típica no tipo de obra estudado) e altura das paredes igual a 2,80m. Assim, este exemplo foi recalculado para todos os 5 tipos de alvenaria apresentados na Tabela 5.22.

Para efeito de comparação, não foram considerados eventuais ajustes de medidas (comprimentos) que podem ocorrer com a utilização de espessuras diferentes conforme o tipo de alvenaria.

Registra-se novamente que os blocos cerâmicos com espessuras de 9 cm não são dimensionáveis pela norma britânica, devido à excentricidade muito elevada. Pelo EC o dimensionamento é possível, pois a excentricidade acidental é menor e o valor tabelado de Φ_m contempla valores de excentricidade até 33% da espessura da parede.

São apresentados no apêndice B.1 (Tabela B.5 a Tabela B.9) os resultados do dimensionamento para todos os tipos de alvenaria, com a resistência necessária para cada parede pelas três normas (NB, BS e EC), segundo os três métodos de interação (paredes isoladas, grupos isolados e distribuição a 45°). Nestas tabelas são apresentados também os valores da resistência máxima e da resistência média (ponderado pelo comprimento das paredes). Na última linha se destaca, em porcentagem, a relação das paredes com resistência necessária igual ou inferior à média.

A Tabela 5.23 apresenta uma síntese dos resultados. Nesta tabela, empregou-se o método de **paredes isoladas**, pois a edificação é térrea. São apresentados a resistência necessária das três paredes mais solicitadas para cada norma. O peso próprio das paredes representa, respectivamente para as alvenarias tipo 1, 2, 3, 4 e 5: 55%, 44%, 56%, 47% e 50% do carregamento total, ou seja, o peso próprio das paredes é cerca de 50% do carregamento total.

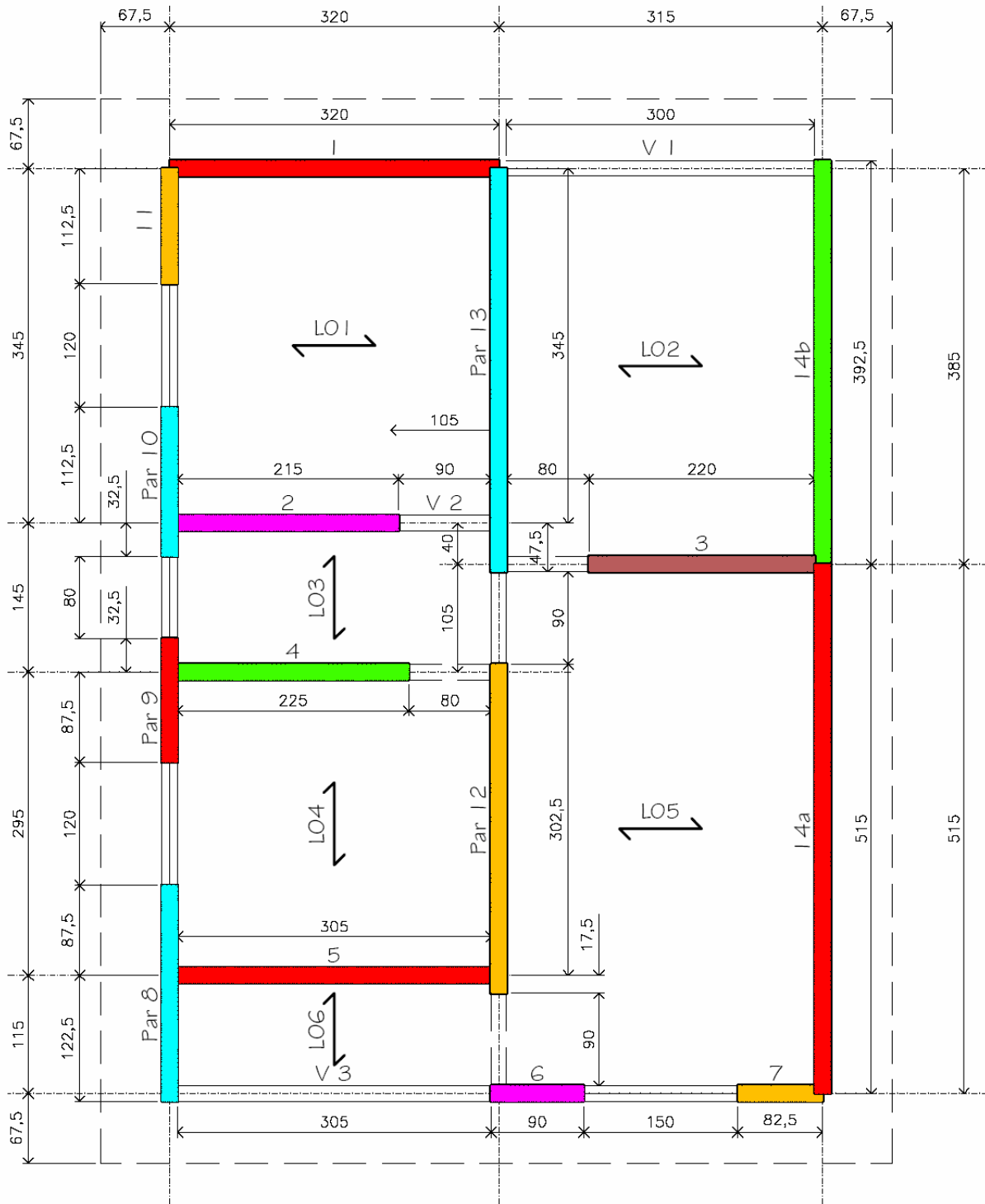


Figura 5.4 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 3

Tabela 5.23 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo 1

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	498,92	6	1,54	11	1,39	11	1,44
				13	1,39	6	1,36	6	1,43
				12	1,29	12	1,21	12	1,39
2	9	1,53	395,89	6	1,77	10,11,14a	ND	10	1,94
				13	1,62	6	2,72	11	1,86
				12	1,47	12	2,41	6	1,63
3	19	2,56	507,59	6	0,63	6	0,56	6	0,56
				13	0,51	11	0,53	11	0,55
				12	0,48	13	0,50	12,13	0,46
4	11,5	1,76	420,83	6	0,99	6	1,09	11	1,11
				13	0,90	11,12,13	0,92	6	0,97
				12	0,83	4	0,81	12	0,93
5	14	2,01	447,95	6	0,76	6	0,75	11	0,77
				13	0,69	13	0,69	6	0,71
				12	0,63	11	0,64	12	0,66

* ND – O dimensionamento não é possível

Os resultados mostram a pequena variação entre os valores obtidos pelas três normas para praticamente todos os tipos de alvenaria (em torno de 10%), embora não se refiram necessariamente à mesma parede. Registra-se ainda que os valores se referem a parâmetros diferentes - resistência média de prisma e resistência característica da alvenaria.

Enquanto pela NB as três paredes de maior resistência necessária são sempre as mesmas (função apenas do carregamento), pela BS e EC, cuja formulação contempla outros fatores, as paredes com maior resistência necessária variam conforme o tipo de alvenaria. Somente para a alvenaria tipo 3 ($t=19\text{cm}$), os resultados convergem para a mesma parede de maior resistência necessária (PAR 6).

A título de ilustração, considerando-se a alvenaria tipo 1 e baseado nos resultados experimentais (Tabela 4.5), apresentam-se os valores da resistência da unidade de alvenaria (f_b) para atender ao resultados pelas três normas.

Pela NB, admitindo-se que a resistência necessária do prisma seja de 1,54 MPa, e que o fator de eficiência entre a resistência da unidade e a resistência do prisma (f_{bk}/f_p) seja igual a 0,40, seria necessário que o componente tivesse resistência $f_{bk} \cdot 3,85$ MPa.

Pela BS, admitindo-se que a resistência necessária da parede seja de 1,39 MPa, pela Tabela 3.10 se obteria o valor para a resistência normalizada do componente $f_b \bullet 5,0$ MPa (valor mínimo da tabela). Adotando-se o fator de eficiência entre a resistência do componente e a resistência da parede (f_{bk}/f_{alv}) igual a 0,30, seria necessário que o componente tivesse resistência $f_{bk} \bullet 4,63$ MPa, pouco menor que o mínimo tabelado.

Pelo EC, admitindo-se que a resistência necessária da parede seja de 1,44 MPa, e $m_c=1,20$; $\delta=1,16$; $K=0,5$; $f_m=1,50$ (equações 29 e 30), seria necessário que o componente tivesse resistência normalizada $f_b \bullet 3,81$ MPa e resistência $f_{bk} \bullet 2,74$ MPa. Adotando-se o fator de eficiência entre a resistência do componente e a resistência da parede (f_{bk}/f_{alv}) igual a 0,30, o componente deveria ter resistência $f_{bk} \bullet 4,80$ MPa.

5.8 Conclusões do Exemplo 1

De uma forma geral, é preferível que o carregamento da laje sobre as paredes seja bem distribuído sobre elas. Desta forma o carregamento final nas paredes se aproxima de um carregamento médio. É o caso da laje maciça simplesmente apoiada, cujo uso é pouco freqüente no tipo de obra estudado, onde predomina o emprego da laje pré-moldada.

Nesta laje, muitos calculistas consideram a distribuição de carga somente em uma direção (nervuras bi-apoiadas), situação que resultou no carregamento menos distribuído sobre as paredes, especialmente quando se considera a continuidade. Sabe-se que a capa e as nervuras secundárias, além de promover uma solidarização do conjunto, transmitem carga para os apoios paralelos à nervura principal da laje. Parece coerente considerar uma parcela do carregamento total nos apoios paralelos à direção principal da nervura da laje pré-moldada.

O menor e o maior valor de carregamento ocorreram com laje pré-moldada unidirecional e laje maciça com continuidade, respectivamente (6,6 kN/m, na parede PAR 3; e 30,8 kN/m, na parede PAR 12a). Ao comparar estes valores com o valor do carregamento médio, que é de 13,0 kN/m (476 kN / 36,65 m), verifica-se uma relação aproximada entre 0,5 a 2,4 do carregamento médio. Utilizando uma distribuição do carregamento vertical pelo método de grupos isolados, o menor e o maior carregamento resultaram, respectivamente, 11,1 kN/m (PAR 3, 7 e 14) e 18,4 kN/m (PAR 6); comparados com o carregamento médio, a relação ficou entre 0,85 e 1,4.

Relativamente à distribuição do carregamento vertical, em todas as simulações a consideração da interação por grupos isolados e distribuição a 45° resultaram valores próximos entre si.

É comum existirem paredes entre dois caixilhos sem nenhuma outra parede interceptando-as. Muitas vezes, estas paredes trabalham como pilares e, por serem isoladas, mantêm o mesmo carregamento independente do método de distribuição adotado. No exemplo, isso ocorreu com a parede PAR 6, que, em muitas simulações, apresentou-se como a parede mais solicitada.

Pelo fato das paredes PAR 12 e PAR 13 serem as paredes centrais, era esperado um carregamento maior. Com o mesmo raciocínio, nas paredes externas, era esperado um carregamento menor. No entanto, as paredes internas são normalmente interceptadas por várias outras, sendo que a consideração da distribuição do carregamento entre as paredes promove uma uniformização destes carregamentos. Por outro lado, as paredes externas recebem o carregamento de forma excêntrica. Neste exemplo, conforme a norma utilizada no dimensionamento e a consideração da interação, as paredes críticas (de maior resistência necessária) foram as paredes PAR 6 (externa e isolada), PAR 10 (externa) e PAR 11 (externa e no canto da edificação).

Normalmente as paredes são definidas pelas aberturas ou mudança de direção. Neste exemplo se propôs estudar também uma divisão contemplando o carregamento e a intersecção com outras paredes, resultando em vários trechos de parede com comprimento pequeno (10% a 15% da altura). Os resultados mostraram que alguns destes trechos, por estarem mais solicitados (sempre), podem resultar numa resistência necessária muito maior, como ocorreu pela norma britânica. Pela norma européia isso nem sempre acontece, porque o comprimento da parede influencia na consideração do travamento lateral, que altera o valor da altura efetiva e, conseqüentemente, da esbeltez.

A definição de paredes em função do carregamento e da intersecção com outras paredes (divisão em trechos) resulta em uma quantidade maior de paredes; mas é possível perceber diferenças de carregamentos nos vários trechos de uma parede. Mesmo com a consideração da interação entre paredes por grupos isolados, que em princípio seria indiferente a esta divisão, pode haver resistências necessárias diferentes pelo EC (devido à consideração do travamento lateral das paredes).

A divisão das paredes em função do carregamento sem a consideração da interação entre paredes (paredes isoladas) torna o dimensionamento muito conservador, visto que a continuidade destes trechos é suficiente para uma redistribuição dos esforços (trata-se da mesma parede). Desta forma, parece coerente utilizar esta divisão apenas em paredes muito extensas, com carregamento desigual, desde que não resulte trechos com comprimento muito reduzido. Nos próximos exemplos, será utilizada a definição usual de

paredes (limitadas pela mudança de direção e aberturas), dividindo em trechos apenas as paredes muito extensas.

Observou-se que a variação da espessura da parede influi mais do que a variação da altura na definição da resistência necessária. Isto porque, apesar de ambas alterarem a esbeltez, a espessura altera também a área resistente da parede, reduzindo a tensão aplicada e, conseqüentemente, a resistência necessária.

Nas edificações térreas a excentricidade do carregamento é preponderante no resultado do dimensionamento pela BS e EC. Os valores obtidos para a excentricidade inviabilizaram o dimensionamento pela BS das paredes de blocos cerâmicos com espessura menor que 11 cm.

A NB não considera valores de excentricidade mínima na sua formulação, mas limita a esbeltez e a espessura da parede. As normas BS e EC consideram sempre uma excentricidade mínima (além da excentricidade acidental, com valores diferentes para cada norma). No entanto, os resultados obtidos pelas três normas foram próximos (apesar da norma brasileira se referir à resistência média do prisma e não característica da alvenaria). Para as espessuras entre 14 e 19 cm, os valores foram quase iguais.

Pela norma brasileira, a parede de maior carregamento é, na maioria dos casos, a parede com resistência necessária maior. Pelas normas britânica e européia, como existe a consideração da excentricidade e do travamento da parede, a parede mais solicitada não necessariamente representa a de maior resistência necessária (que pode mudar conforme o tipo de alvenaria).

Apesar das diferenças de abordagem das normas relativamente aos diversos parâmetros que interferem no dimensionamento (coeficientes de segurança, esbeltez, travamento de paredes e excentricidades), as variações nos resultados, para a maioria das paredes, foi pequena (menor que 10%). No entanto, existe a diferença conceitual entre resistência média de prisma e resistência característica da alvenaria, empregada pela norma brasileira e pelas normas britânica e européia, respectivamente.

6. DIMENSIONAMENTO: OUTROS EXEMPLOS

Neste grupo de exemplos a finalidade é melhorar a representatividade (com novas situações arquitetônicas), em busca de valores de referência para a resistência necessária em função do tipo de alvenaria. Nestes casos, algumas escolhas foram feitas, para diminuir o número de simulações. A laje adotada foi sempre a pré-moldada (solução mais empregada), considerando-se a parcela de carga nas paredes paralelas aos trilhos pelo procedimento racional (**Laje pré-moldada bidirecional**). O pé direito foi considerado igual a 2,80 m. Para as características das paredes (espessura, peso próprio) foram adotados os tipos de alvenaria do exemplo anterior, apresentados na Tabela 5.22. Para padronização dos carregamentos, apresentam-se na Tabela 6.1 as cargas adotadas sobre as lajes dos exemplos térreos (A a L). A cobertura considerada é em telha de barro, com estrutura de madeira apoiada sobre a laje, os beirais são em laje (mesmo carregamento das lajes de cobertura). O carregamento de caixa d'água adotado como padrão foi de 10 kN (1000 litros).

Tabela 6.1 – Carregamento atuante sobre as lajes dos exemplos de A a L

Elementos	Descrição do carregamento	Carga	Carga Total
		(kN/m ²)	(kN/m ²)
Lajes de Cobertura e beirais	Laje pré-moldada – treliçada H12 (8+4)	2,00	3,50
	Revestimento de forro, e=1,5 cm	0,28	
	Telhado em telha cerâmica (tipo romana) com estrutura de madeira	0,72	
	Sobrecarga acidental	0,50	
Lajes piso	Laje pré-moldada – treliçada H16 (12+4)	2,50	5,50
	Revestimento de forro, e=1,5 cm	0,28	
	Regularização de piso, e=5,0 cm	0,95	
	Revestimento de piso	0,27	
	Sobrecarga acidental	1,50	
Escada	Peso Próprio ($h_{equivalente} = 25,82$ cm)	6,45	9,40
	Revestimento de forro, e=1,5 cm	0,28	
	Regularização de piso, e=2,0 cm	0,38	
	Revestimento de piso	0,29	
	Sobrecarga acidental	2,00	

A definição das paredes resistentes seguiu o conceito usual, no qual elas são delimitadas pelas aberturas ou mudança de direção, considerou-se a divisão em trechos

apenas nos casos de paredes muito extensas, conforme se mostra em cada exemplo. A interação foi realizada pelos três métodos estudados neste trabalho (paredes isoladas, grupos isolados e distribuição a 45°).

Os valores de resistência necessária, entretanto, foram apresentados no texto apenas pelo método de interação por paredes isoladas, para as edificações térreas e para o pavimento superior das edificações assobradadas, e pelo método de grupos isolados para o primeiro pavimento das edificações assobradadas. No apêndice B - Exemplos numéricos – tabelas e figuras são apresentados todos os resultados do dimensionamento, para os tipos de alvenaria estudados, segundo as três normas (NB, BS e EC) e conforme os resultados dos três métodos de interação (paredes isoladas, grupos isolados e distribuição a 45°). São apresentadas as resistências máximas e médias (esta última ponderada pelo comprimento da parede); na última linha, em porcentagem, quantas paredes têm resistência necessária igual ou inferior à média.

A Tabela 6.2 apresenta um resumo dos estudos realizados para todos os exemplos apresentado neste capítulo.

Tabela 6.2 – Estudos realizados para os exemplos

Exemplo	Descrição	Estudos realizados
A	Residência térrea, 2 dormitórios e aproximadamente 62 m ²	Tipo de laje: Laje pré-moldada bidirecional Interação entre as paredes: Paredes isoladas Grupos isolados Distribuição a 45° Variação do tipo de alvenaria (unidade e esp.) Tijolo maciço (10 cm) Bloco cerâmico 9x19x19 (9 cm) Bloco cerâmico 9x19x19 (19 cm) Bloco cerâmico 11,5x14x24 (11,5 cm) Bloco cerâmico 11,5x14x24 (14 cm)
B	Residência térrea, 1 dormitório e 40 m ² , mais varanda (15 m ²)	
C	Residência térrea, 2 dormitórios e aproximadamente 45 m ²	
D	Residência térrea, 3 dormitórios e aproximadamente 67 m ²	
E	Residência térrea, 2 dormitórios e aproximadamente 52 m ²	
F	Residência térrea, 2 dormitórios e aproximadamente 85 m ²	
G	Residência térrea, 3 dormitórios e aproximadamente 60 m ²	
H	Residência térrea, 3 dorm., 1 escritório e aprox. 107 m ² mais abrigo (26 m ²)	
I	Residência térrea, 3 dormitórios, 1 escritório e aprox. 150 m ² mais abrigo (33 m ²)	
J	Residência assobradada, 2 dorm. e 80 m ²	
K	Residência assobradada, 4 dorm., 1 escritório e aprox. 140 m ²	
L	Residência assobradada, 4 dorm., 2 salas e aproximadamente 236 m ² mais abrigo e varanda (50 m ²)	

6.1 Exemplo A – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão popular, constituída por: 2 dormitórios, 1 banheiro, sala e cozinha. A área de construção é de 62 m². A Figura 6.1 apresenta a arquitetura e a Figura 6.2 apresenta a estrutura proposta para este exemplo.

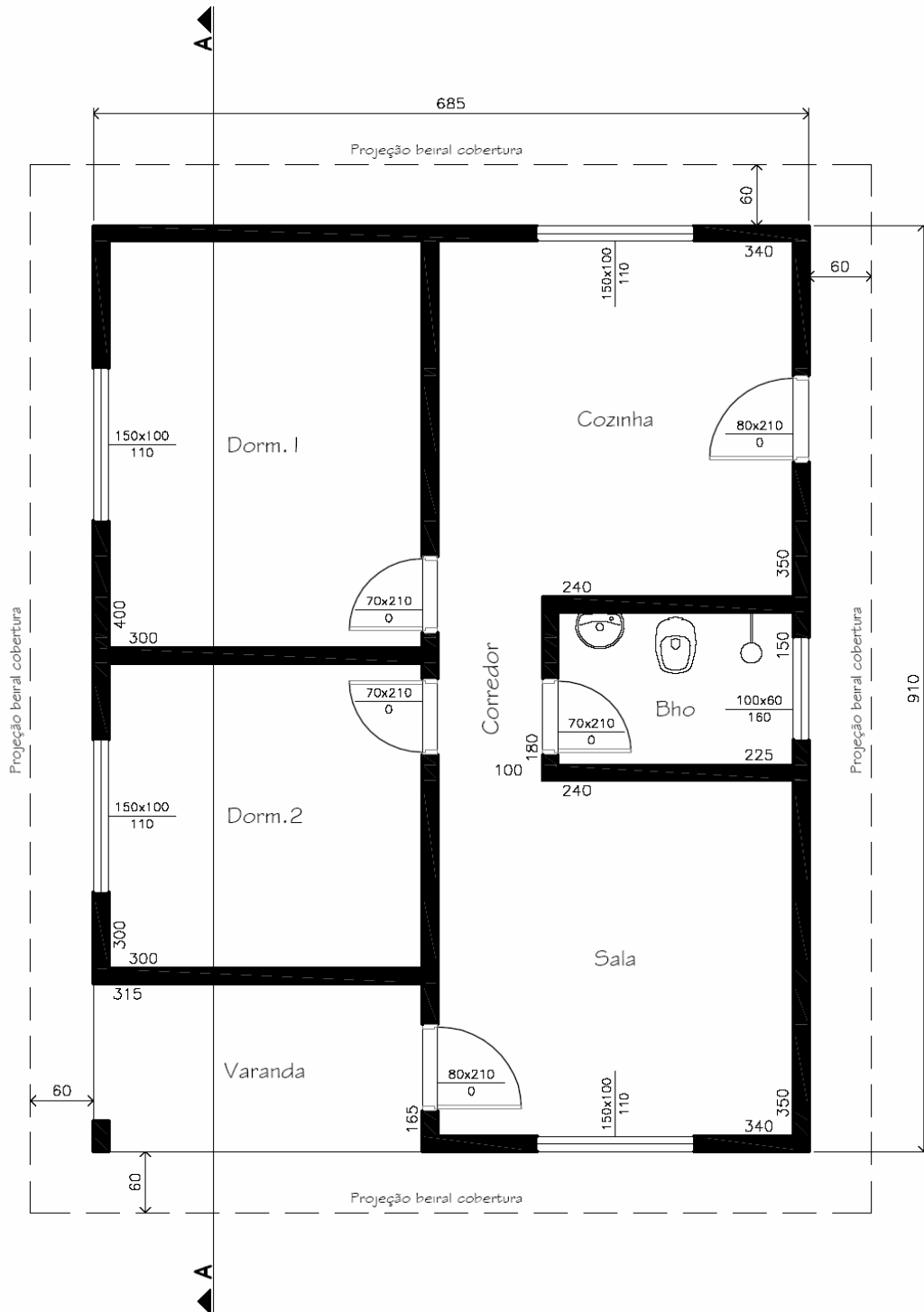


Figura 6.1 – Arquitetura do Exemplo A

Tabela 6.3 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenarias – Exemplo A

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	567,8	7	2,05	7	1,65	7	1,65
				9	1,75	9	1,49	10	1,38
				10	1,49	10	1,29	12	1,13
2	9	1,53	465,0	7	2,47	16	ND	7	1,89
				9	2,08	7	3,24	10	1,52
				10	1,73	9	3,00	12	1,29
3	19	2,56	576,5	7	0,76	7	0,74	7	0,67
				9	0,72	9	0,63	9	0,57
				10	0,55	10	0,54	10	0,49
4	11,5	1,76	489,9	7	1,37	7	1,41	7	1,18
				9	1,15	9	1,24	10	0,91
				10	0,97	10	1,03	9	0,83
5	14	2,01	517,0	7	1,03	7	1,03	7	0,90
				9	0,87	9	0,87	9	0,71
				10	0,74	10	0,73	10	0,69

* ND – O dimensionamento não é possível

6.2 Exemplo B – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão popular, constituída por: 1 dormitório, 1 banheiro, sala e cozinha. A área de construção é de 55 m², sendo que 40 m² correspondem à área com laje e 15 m² à área sem laje (varanda com telhado aparente). Esta arquitetura é típica de bairros populares, onde inicialmente se constrói uma edificação no fundo do lote (edícula), permitindo futuramente a construção da edificação principal na frente. A Figura 6.3 apresenta a arquitetura e a Figura 6.4 a estrutura proposta para este exemplo.

A definição das paredes neste exemplo contemplou a divisão em trechos para as paredes laterais e do fundo, pois são muito extensas. O carregamento devido à caixa d'água foi distribuído entre as paredes PAR 2, PAR 10 e PAR 11. As dimensões das vigas V1, V2 foram adotadas como 14x30.

A Tabela 6.4 apresenta o resumo do dimensionamento, com base nos resultados de carregamento obtidos por paredes isoladas. No apêndice B.3 (Tabela B.17 a Tabela B.21) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

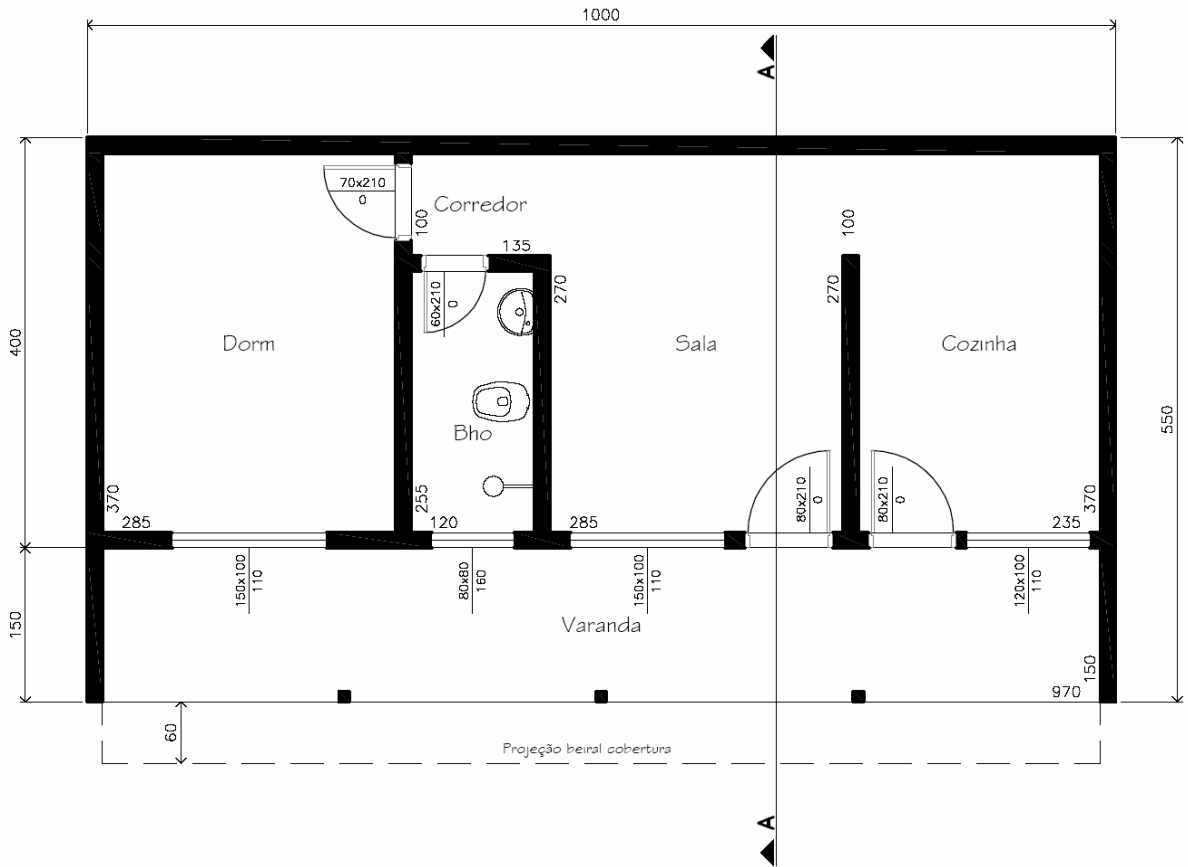


Figura 6.3 – Arquitetura do Exemplo B

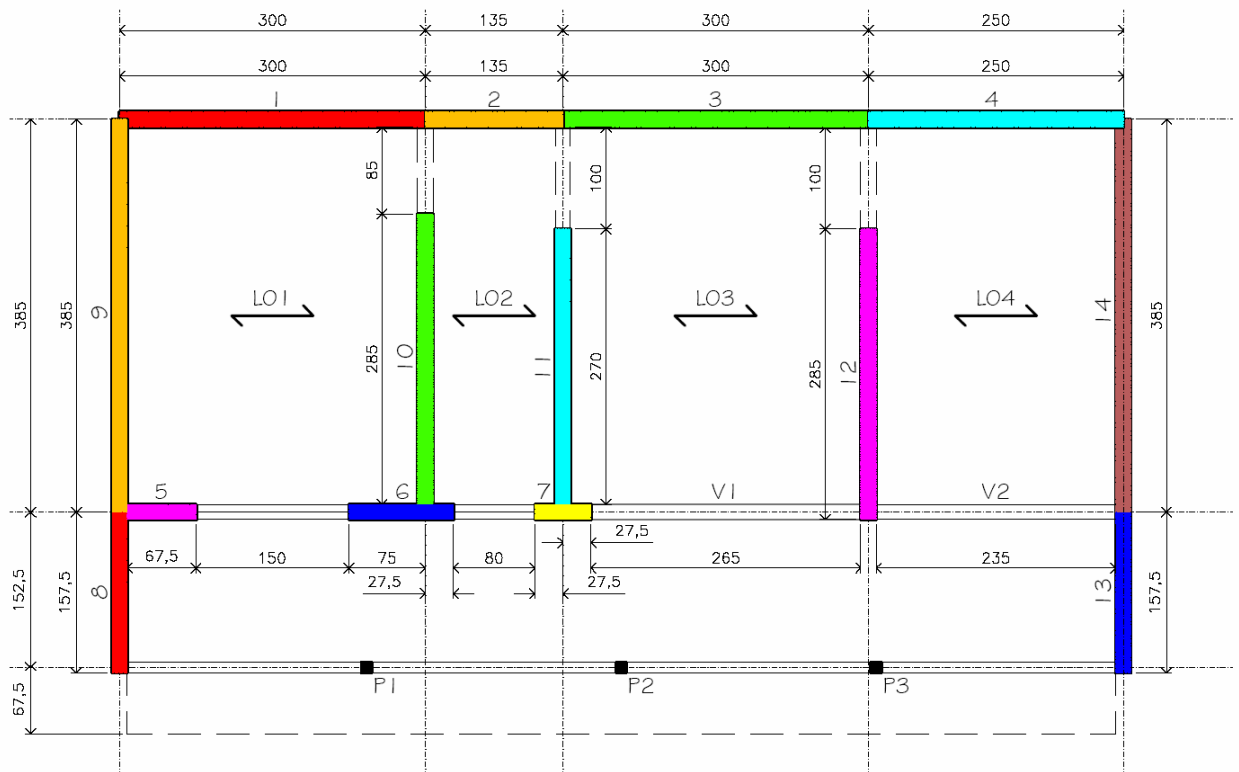


Figura 6.4 – Estrutura do Exemplo B

Tabela 6.4 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo B

Tipo	t (cm)	Peso da parede (kN/m ²)	Carga total (kN)	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p (MPa)	PAR	f_{alv} (MPa)	PAR	f_{alv} (MPa)
1	10	2,48	466,9	7	2,01	7	1,72	12	1,24
				12	1,61	12	1,21	7	1,23
				2	1,37	5	1,06	2	1,10
2	9	1,53	358,2	7	2,36	7	3,33	12	1,36
				12	1,91	12	2,34	11	1,19
				2,5	1,42	5	2,01	10	1,17
3	19	2,56	476,1	7	0,82	7	0,80	7	0,66
				12	0,59	12	0,58	12	0,53
				5	0,53	5	0,52	2	0,45
4	11,5	1,76	384,5	7	1,46	7	1,41	7	0,95
				12	1,06	12	1,06	12	0,88
				2	0,82	5	0,83	11	0,72
5	14	2,01	413,1	7	1,11	7	1,41	7	0,82
				12	0,80	12	0,80	12	0,67
				5	0,69	2	0,64	2,11	0,53

* ND – O dimensionamento não é possível

6.3 Exemplo C – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão popular, constituída por: 2 dormitórios, 1 banheiro, sala e cozinha conjugada. A área de construção é de 45 m².

A Figura 6.5 apresenta a arquitetura e a Figura 6.6 a estrutura proposta para este exemplo.

O carregamento devido à caixa d'água foi aplicado integralmente na PAR 5. A Tabela 6.5 apresenta o resumo do dimensionamento e no apêndice B.4 (Tabela B.23 a Tabela B.27) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

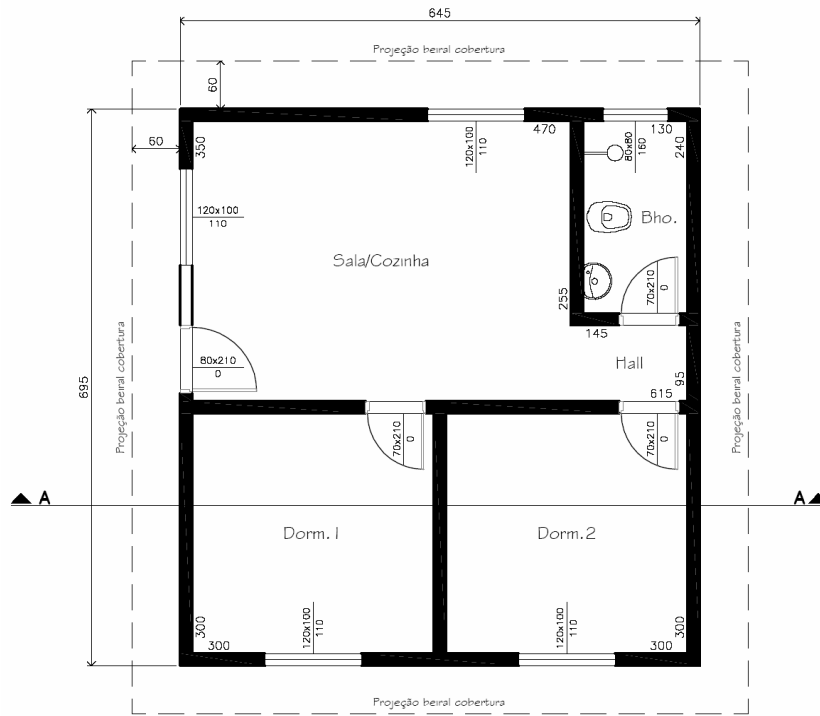


Figura 6.5 – Arquitetura do Exemplo C

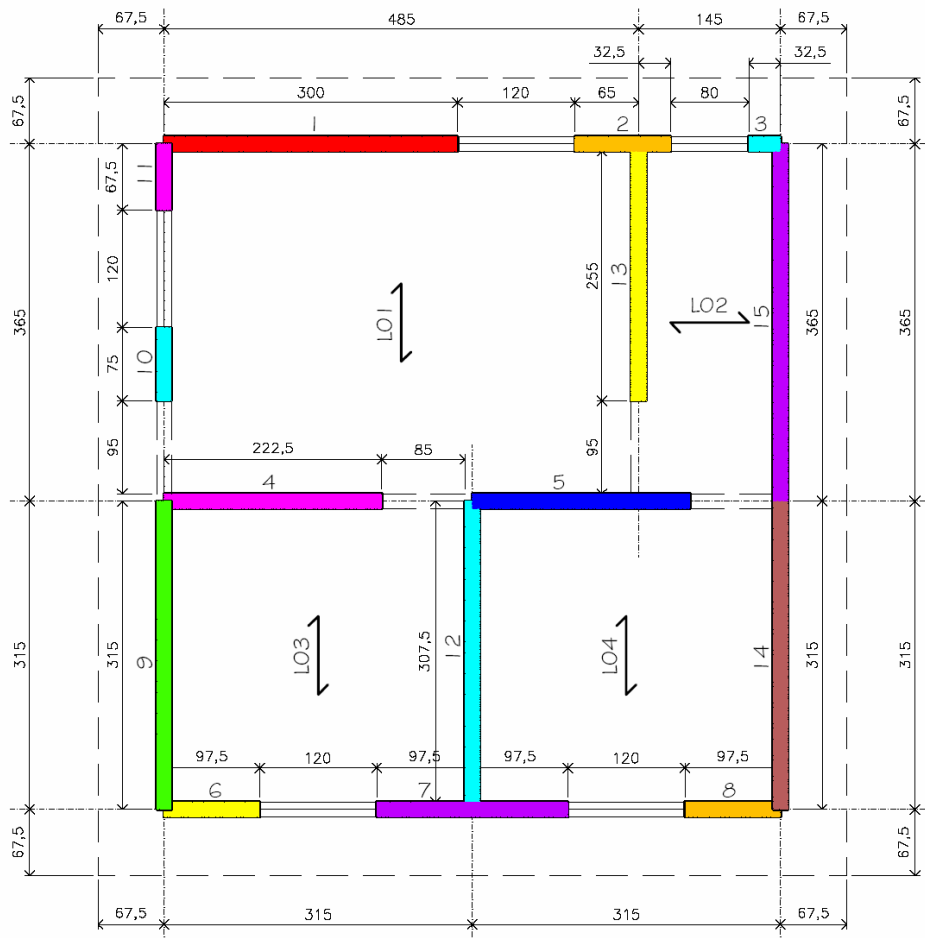


Figura 6.6 – Estrutura do Exemplo C

Tabela 6.5 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo C

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	443,8	5	1,81	3	5,54	2	2,90
				2	1,53	2	2,36	1	1,47
				10	1,44	5	1,39	5	1,42
2	9	1,53	358,8	5	2,19	1,2,3	ND	2	3,43
				2	1,77	5	2,74	1	1,68
				10	1,60	6,7,8	2,36	5	1,59
3	19	2,56	451,0	5	0,67	2	0,89	2	0,95
				10	0,59	5	0,65	5	0,59
				2	0,56	10	0,57	1	0,49
4	11,5	1,76	379,4	5	1,21	3	ND	2	2,13
				2	0,99	2	1,47	5	1,03
				10	0,90	5	1,21	1	0,99
5	14	2,01	401,8	5	0,91	2	1,06	2	1,38
				2	0,75	5	0,91	5	0,78
				10	0,70	3	0,89	1	0,72

* ND – O dimensionamento não é possível

6.4 Exemplo D – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão popular, constituída por: 3 dormitórios, 1 banheiro, sala e cozinha. A área de construção é de 67 m². A Figura 6.7 apresenta a arquitetura e a Figura 6.8 a estrutura proposta para este exemplo.

Esta arquitetura é uma proposta de ampliação da arquitetura do exemplo anterior. Foram acrescentados dois cômodos (dormitórios 1 e 2). O antigo dormitório 1 foi transformado em cozinha. Caso esta ampliação seja prevista antes da execução da primeira etapa, deve ser definida a forma de ligação das lajes e paredes da ampliação com as paredes já executadas. Também devem ser definidas as aberturas de caixilhos futuros, inserindo vergas nestes locais. No caso do antigo dormitório 1, podem ser previstas tubulações para o abastecimento da pia da futura cozinha.

O carregamento devido à caixa d'água foi aplicado sobre a parede PAR 6. A Tabela 6.6 apresenta o resumo do dimensionamento. No apêndice B.5 (Tabela B.29 a Tabela B.33) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

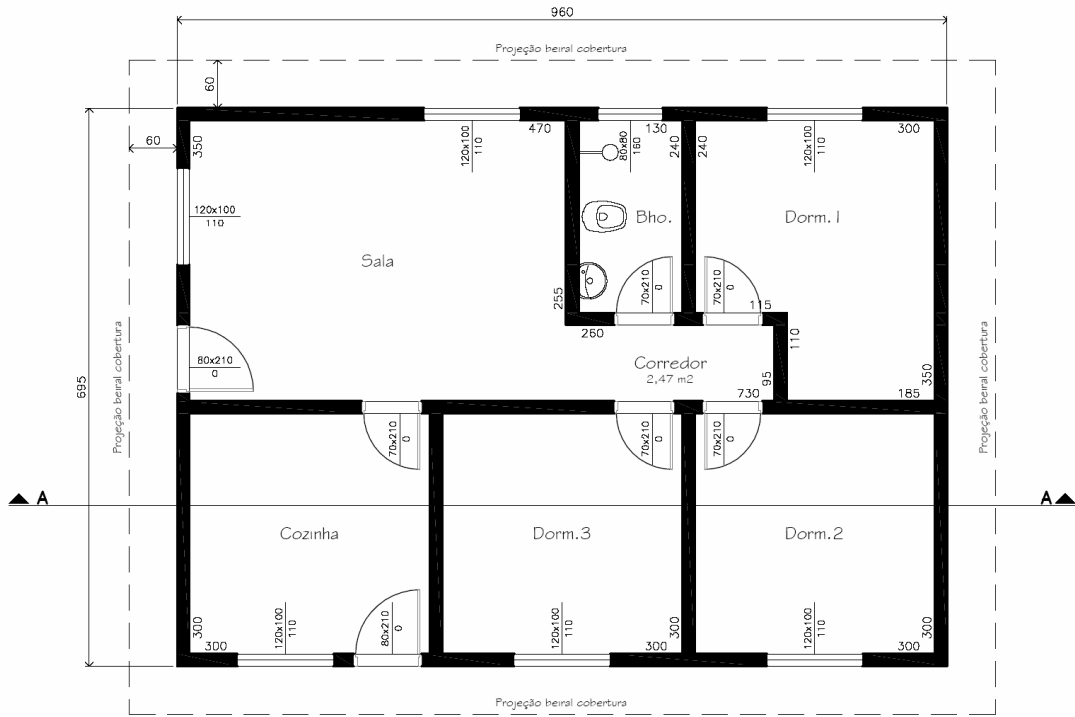


Figura 6.7 – Arquitetura do Exemplo D

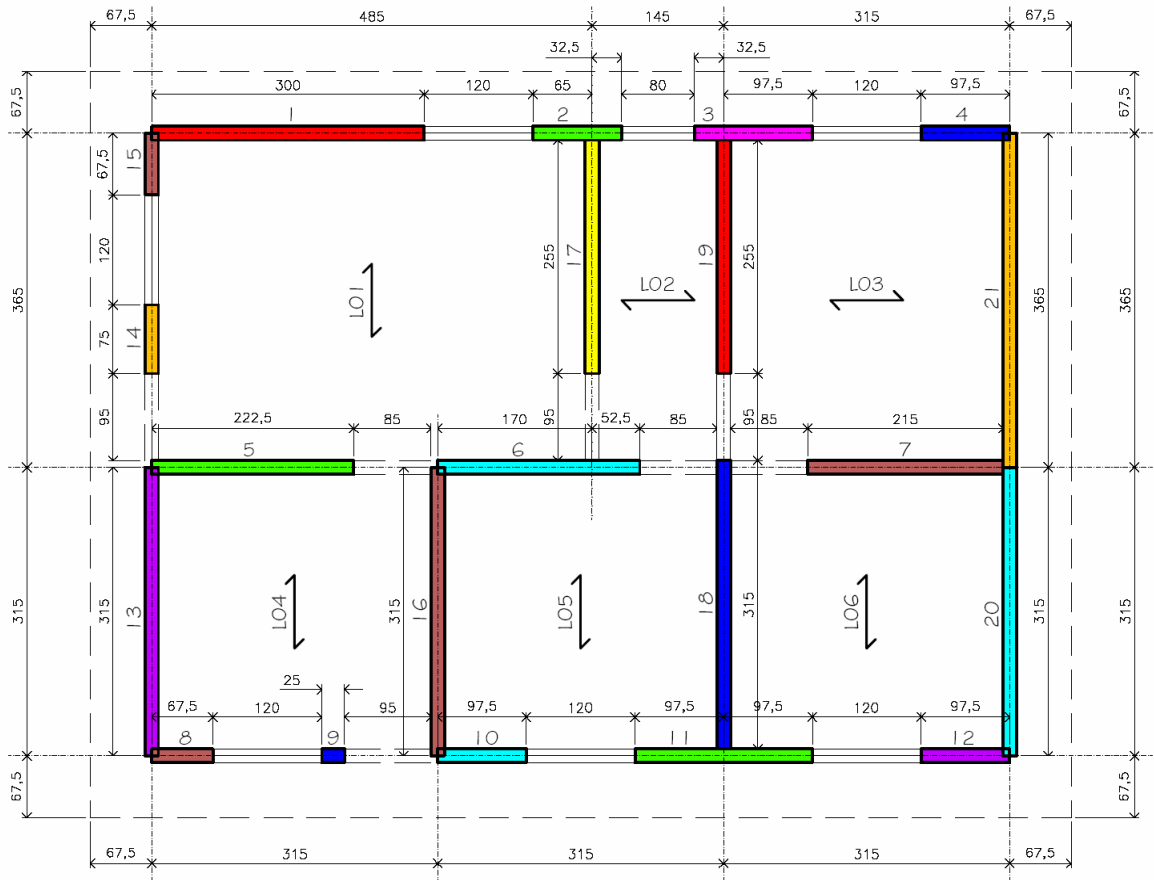


Figura 6.8 – Estrutura do Exemplo D

Tabela 6.6 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo D

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	618,1	9	4,49	9	7,55	9	6,52
				6	1,80	6	1,39	6	1,41
				10	1,57	8	1,36	11	1,23
2	9	1,53	500,7	9	5,40	7,9	ND	9	7,87
				6	2,18	6	2,82	6	1,64
				10	1,83	10	2,71	5	1,38
3	19	2,56	628,0	9	1,65	9	1,65	9	1,57
				6	0,66	6	0,65	6	0,59
				10	0,58	10	0,57	8	0,52
4	11,5	1,76	529,2	9	2,99	9	7,79	9	3,78
				6	1,20	6	1,22	6	1,02
				8	1,03	8	1,11	5	0,84
5	14	2,01	560,1	9	2,26	9	3,14	9	2,50
				6	0,91	6	0,90	6	0,78
				8	0,87	8	0,78	8	0,64

* ND – O dimensionamento não é possível

6.5 Exemplo E – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão popular, constituída por: 2 dormitórios, 1 banheiro, sala e cozinha. A área de construção é de 53 m². Esta arquitetura é comum em terrenos originários de desdobro, e a possibilidade de variação na arquitetura é reduzida. A Figura 6.9 apresenta a arquitetura e a estrutura propostas.

O carregamento devido à caixa d'água foi aplicado sobre as paredes PAR 3, PAR 9 e PAR 11. A Tabela 6.7 apresenta o resumo do dimensionamento e no apêndice B.6 (Tabela B.35 a Tabela B.39) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.



Figura 6.9 – Arquitetura e estrutura do Exemplo E

Tabela 6.7 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo E

Tipo	t (cm)	Peso da parede (kN/m ²)	Carga total (kN)	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p (MPa)	PAR	f_{alv} (MPa)	PAR	f_{alv} (MPa)
1	10	2,48	590,7	16	2,83	16	4,47	16	3,94
				15	2,81	17	4,25	14	2,24
				14	2,25	15	4,07	15	1,55
2	9	1,53	448,4	16	3,28	15,16,17	ND	16	4,63
				15	3,27	14	4,38	14	2,63
				14	2,71	13	3,24	15	1,46
3	19	2,56	602,7	16	1,05	16	1,02	16	0,95
				15	1,04	15	1,01	14	0,88
				14	0,92	14	0,90	15	0,83
4	11,5	1,76	482,8	16	1,84	17	ND	16	2,24
				15	1,83	16	4,62	14	1,19
				14	1,50	15	4,16	15	1,50
5	14	2,01	520,3	16	1,40	16	1,88	16	1,49
				15	1,39	15	1,78	14	1,44
				14	1,26	17	1,32	15	1,02

* ND – O dimensionamento não é possível

6.6 Exemplo F – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão médio, constituída por: 2 dormitórios, 2 banheiros, sala e cozinha. A área de construção é de 85 m². Esta arquitetura é uma alternativa para terrenos originários de desdobro. A Figura 6.10 apresenta a arquitetura e a estrutura proposta para este exemplo.

O carregamento devido à caixa d'água foi aplicado sobre as paredes PAR 22 e PAR 23. A Tabela 6.8 apresenta o resumo do dimensionamento e no apêndice B.7 (Tabela B.41 a Tabela B.45) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

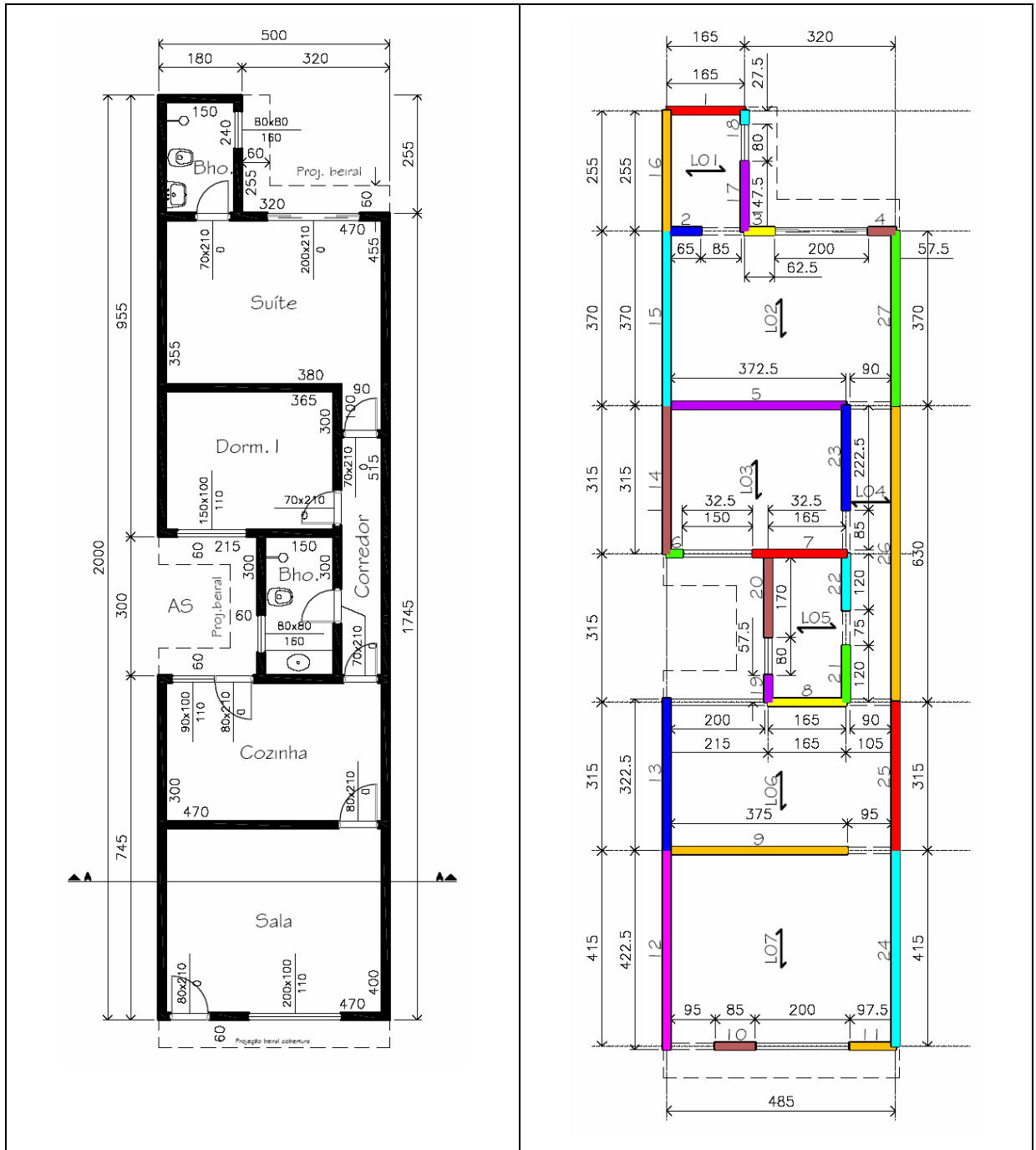


Figura 6.10 – Arquitetura e estrutura do Exemplo F

Tabela 6.8 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenarias – Exemplo F

Tipo	t (cm)	Peso da parede (kN/m ²)	Carga Total (kN)	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p (MPa)	PAR	f_{alv} (MPa)	PAR	f_{alv} (MPa)
1	10	2,48	947,4	6	3,27	6	5,50	10	2,74
				3	2,84	3	3,30	3	2,35
				10	2,81	10	2,68	6	1,80
2	9	1,53	697,4	6	3,43	2,3,6,7, 8,18	ND	10	2,97
				3	3,06	10	4,95	3	2,38
				10	3,03	4	4,68	2	1,85
3	19	2,56	968,8	6	1,21	3	1,28	3	1,14
				3	1,17	6	1,20	10	1,10
				10	1,16	4	1,09	6	0,97
4	11,5	1,76	463,2	6	1,97	6	5,27	10	1,82
				4	1,83	18	2,84	3	1,81
				3	1,75	3	2,36	2,4	1,26
5	14	2,01	529,0	6	1,54	6	2,14	3	1,50
				3	1,51	3	1,60	6	1,14
				4	1,43	10	1,40	10	1,36

* ND – O dimensionamento não é possível

6.7 Exemplo G – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão médio, constituída por: 3 dormitórios, 2 banheiros, sala e cozinha. A área de construção é de 60 m². Esta arquitetura foi estudada por Ávila Junior e outros (2006), na verificação do uso de blocos cerâmicos de vedação. A Figura 6.11 apresenta a arquitetura e a Figura 6.12 a estrutura proposta para este exemplo.

O carregamento devido à caixa d'água foi distribuído sobre a laje L04, adotado com o valor de 1,17 kN/m² [10 kN / (1,15 . 2,70)]. A Tabela 6.9 apresenta um resumo do dimensionamento e no apêndice B.8 (Tabela B.47 a Tabela B.51) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

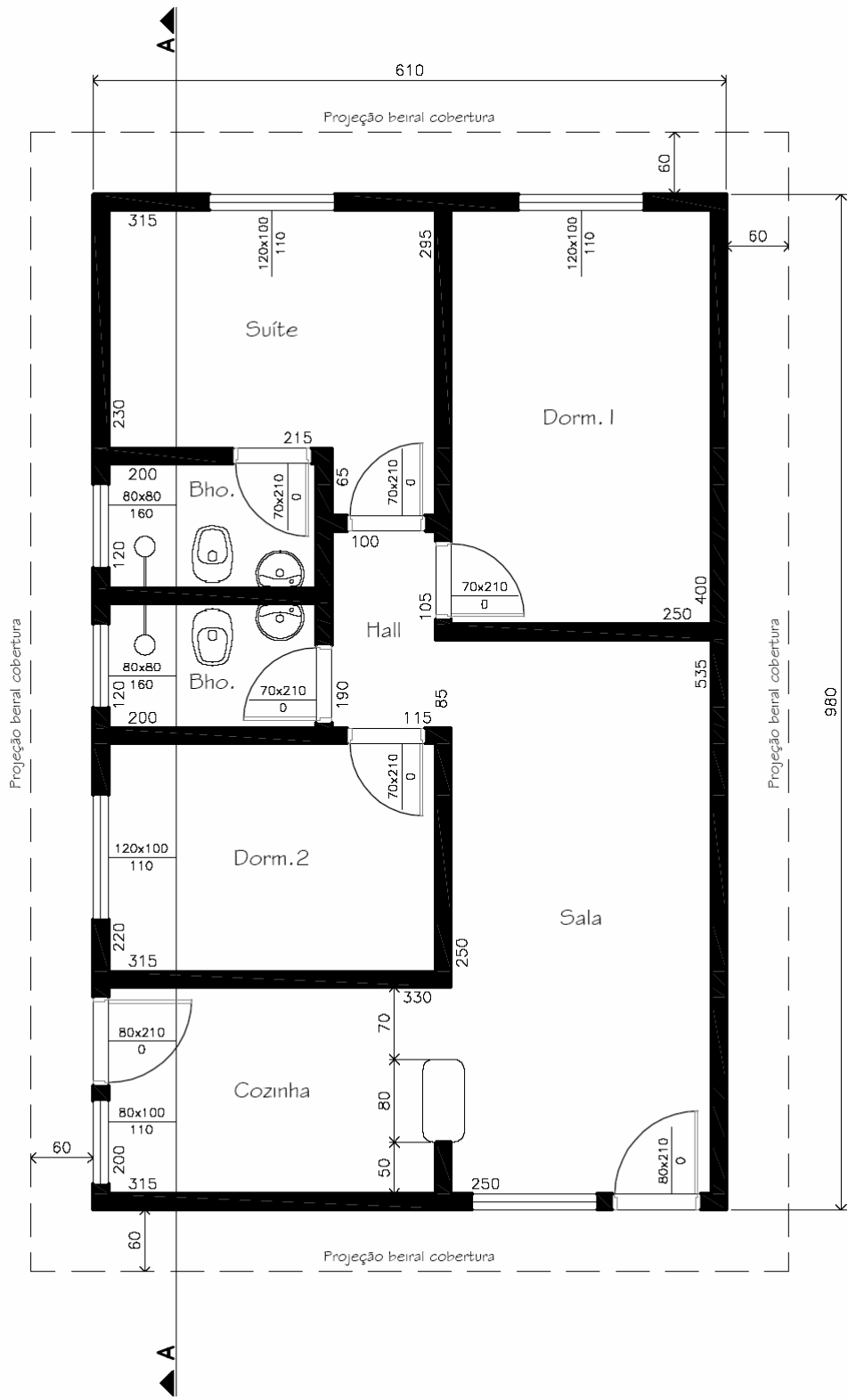


Figura 6.11 – Arquitetura do Exemplo G

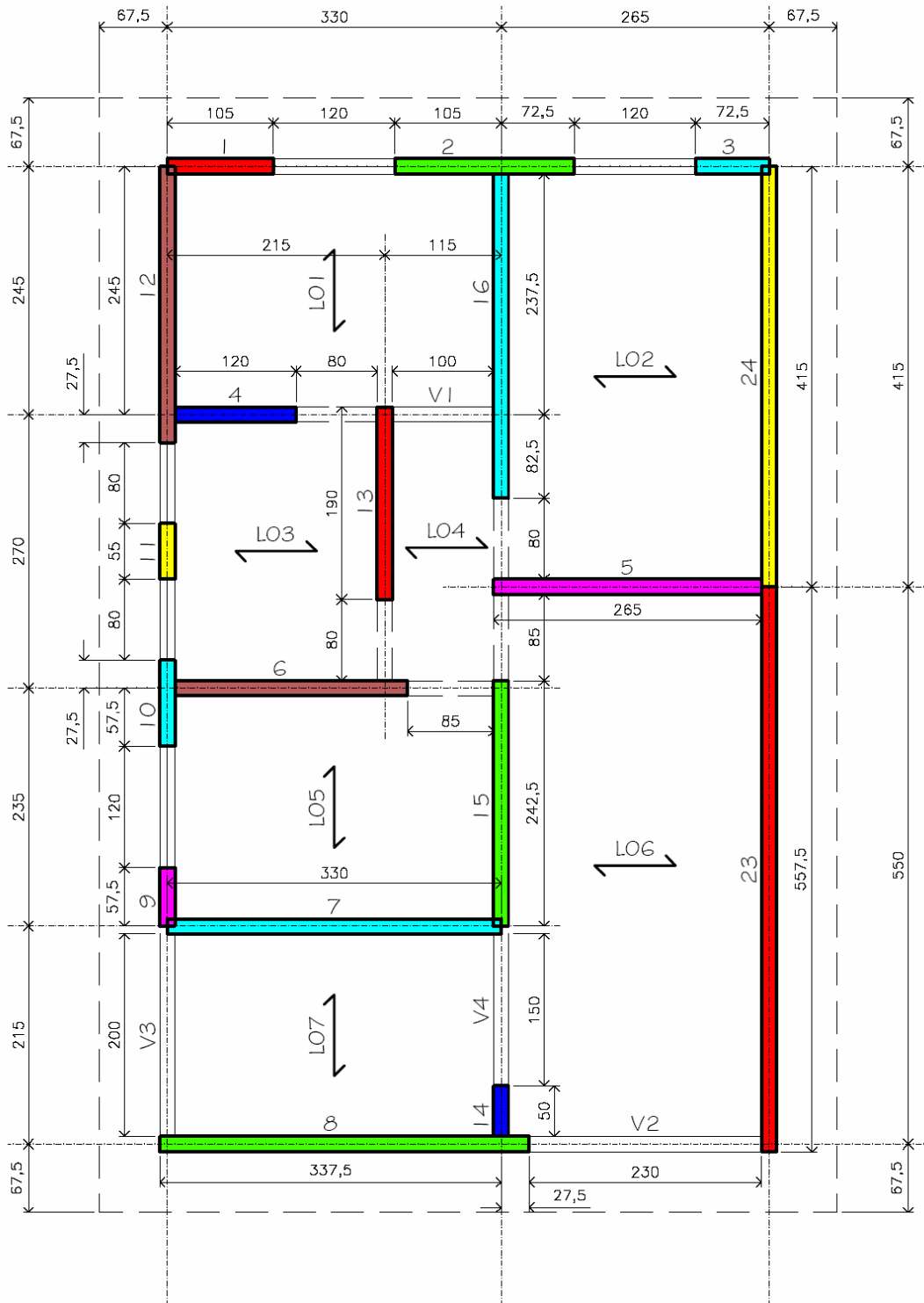


Figura 6.12 – Estrutura do Exemplo G

Tabela 6.9 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo G

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	579,0	14	1,94	14	1,57	15	1,83
				11	1,65	15	1,36	11	1,32
				9	1,52	11	1,31	7	1,21
2	9	1,53	639,5	14	2,12	4,15	ND	15	2,30
				11	1,94	14	3,21	11	1,50
				7	1,62	11	2,57	7	1,41
3	19	2,56	588,5	14	0,71	14	0,69	14	0,57
				11	0,67	11	0,66	11	0,54
				9	0,62	9	0,61	9	0,50
4	11,5	1,76	493,7	14	1,30	14	1,29	11	1,27
				11	1,20	11	1,10	15	1,26
				9	1,07	9	1,03	16	0,72
5	14	2,01	523,3	14	0,98	14	0,74	15	0,89
				11	0,91	11	1,10	14	0,85
				9	0,82	9	1,29	11	0,72

* ND – O dimensionamento não é possível

6.8 Exemplo H – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão médio, constituída por: 3 dormitórios, 2 banheiros, sala, cozinha, área de serviço e garagem. A área de construção é de 134 m². A Figura 6.13 apresenta a arquitetura e a Figura 6.14 a estrutura proposta para este exemplo.

O nível da laje do abrigo (L01) não é o mesmo das lajes do corpo principal da edificação. Desta forma, as paredes PAR 15 e PAR 20 têm alturas diferentes das demais. A parede PAR 12 é interceptada pela laje L01, o que reduz a sua altura. Sobre esta laje projeta-se a laje L11, no nível das demais lajes da edificação.

O carregamento devido à caixa d'água foi distribuído sobre a laje L05, adotado com o valor de 3,56 kN/m² [20 kN / (3,30.1,70)]. O pé direito adotado neste exemplo é de 2,40 para as paredes PAR 12, PAR 15 e PAR 20 e 2,80m para as demais. A Tabela 6.10 apresenta o resumo do dimensionamento. No item B.9 (Tabela B.53 a Tabela B.57) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

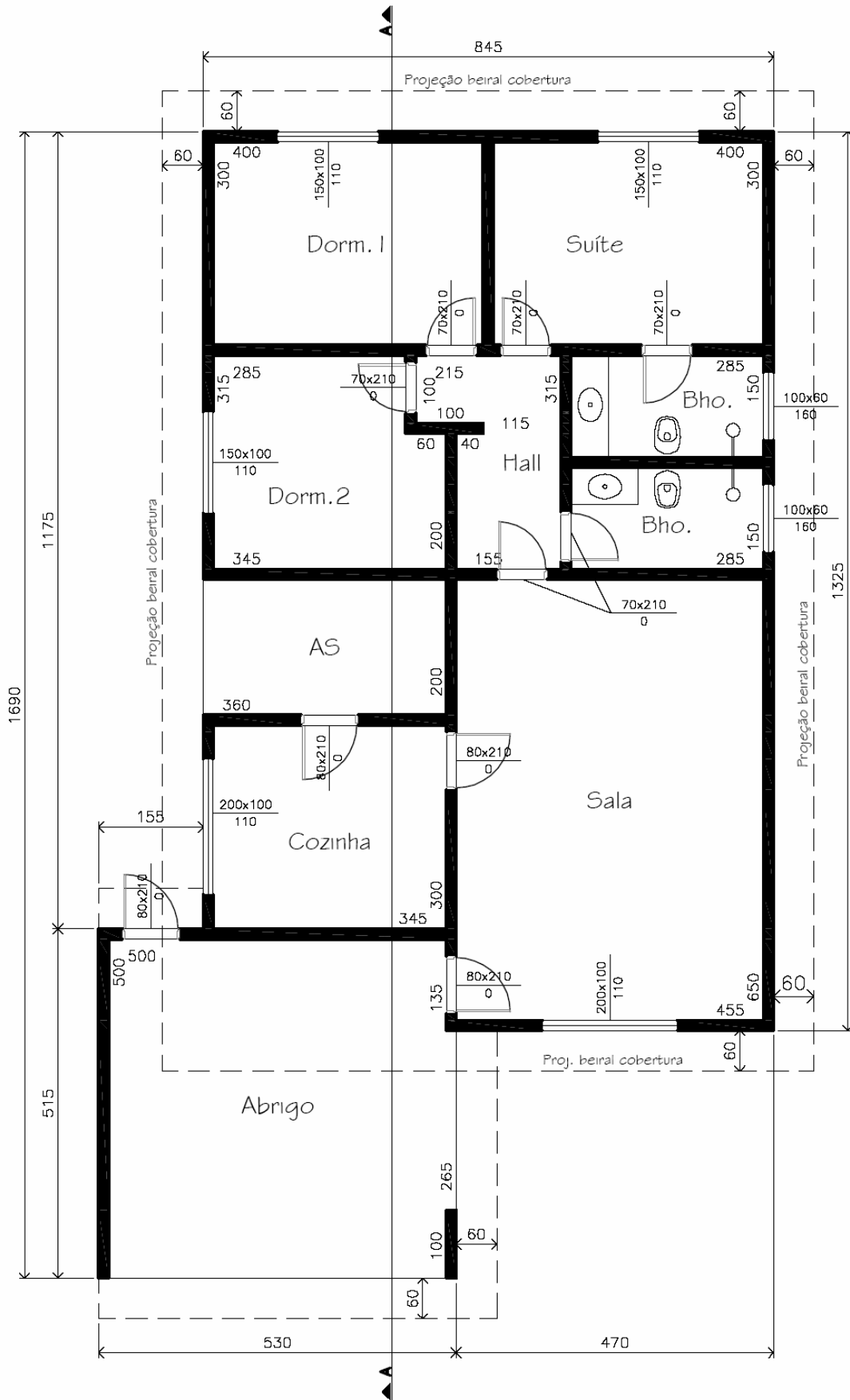


Figura 6.13 – Arquitetura Exemplo H

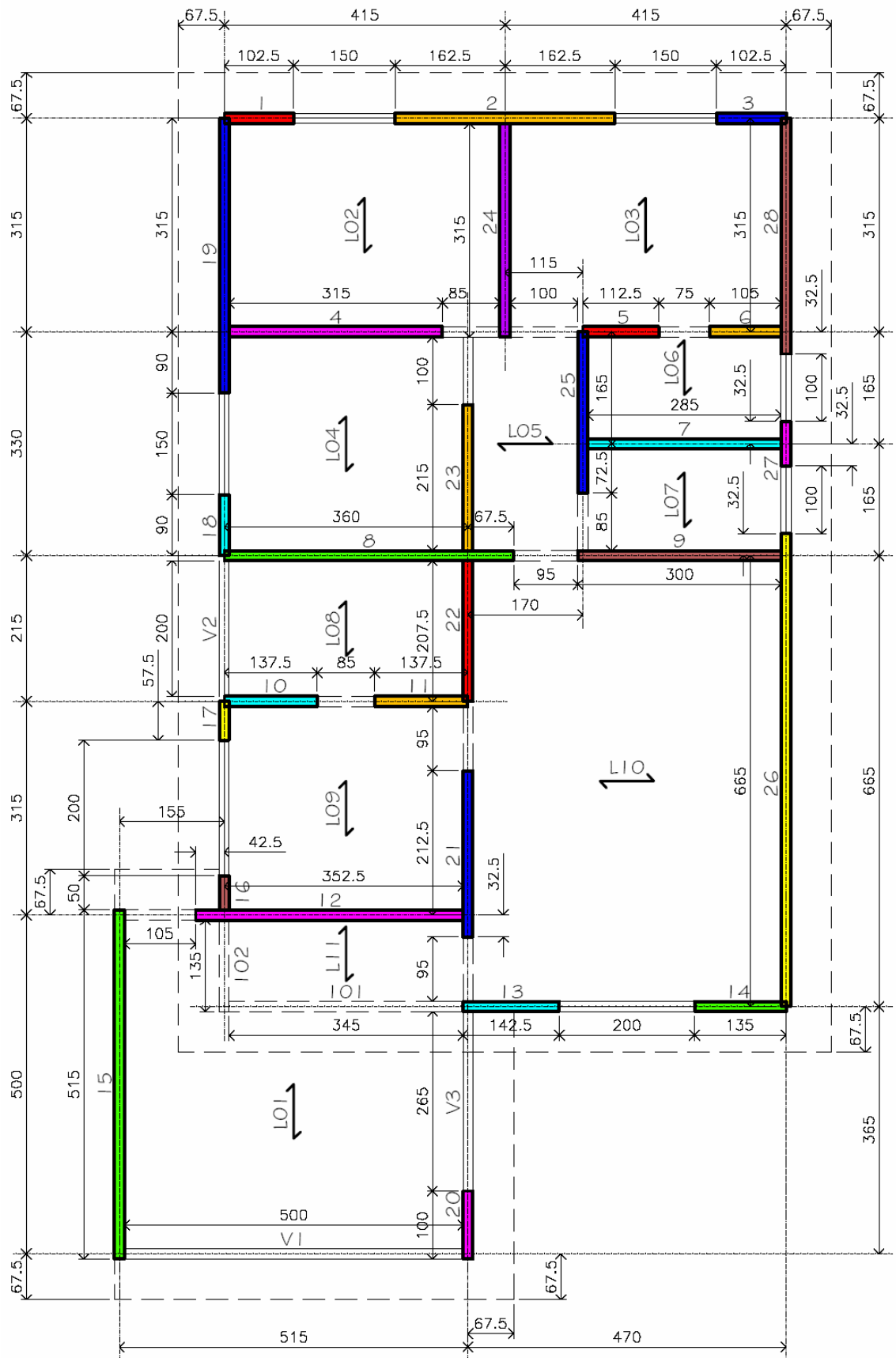


Figura 6.14 – Estrutura do Exemplo H

Tabela 6.10 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo H

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	1.141,4	20	4,49	20	4,66	20	4,79
				13	1,93	12	1,77	21	1,99
				12	1,89	13	1,62	12	1,83
2	9	1,53	955,3	20	5,38	21,22,23 25,26,27	ND	20	5,95
				13	2,31	20	7,08	21	2,34
				17	2,10	13	3,24	23	2,20
3	19	2,56	1.157,0	20	1,92	20	1,93	20	1,94
				12	0,81	12	0,78	12	0,73
				17	0,74	17	0,73	13	0,63
4	11,5	1,76	100,3	20	3,48	20	3,95	20	3,85
				12	1,38	12	1,47	12	1,41
				17	1,31	13	1,36	21	1,34
5	14	2,01	1.049,3	20	2,69	20	2,82	20	2,86
				12	1,09	16	1,16	12	0,99
				17	1,00	12	1,08	21	0,96

* ND – O dimensionamento não é possível

6.9 Exemplo I – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão médio-alto, constituída por: 3 dormitórios, 3 banheiros, escritório, sala de jantar, sala de estar, lavabo, cozinha, despensa, área de serviço e garagem. A área de construção é de 182 m². A Figura 6.15 apresenta a arquitetura e a Figura 6.16 a estrutura proposta para este exemplo.

As dimensões adotadas para as vigas foram: 14x20 (V1, V2, V3 e V4); 14x30 (V5 e V6); 14x50 (V7 e V8). O carregamento devido à caixa d'água foi distribuído sobre a laje L08, igual a 3,22 kN/m² [20 kN / (1,15.5,40)]. A Tabela 6.11 apresenta um resumo do dimensionamento e no item B.10 (Tabela B.60 a Tabela B.64) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

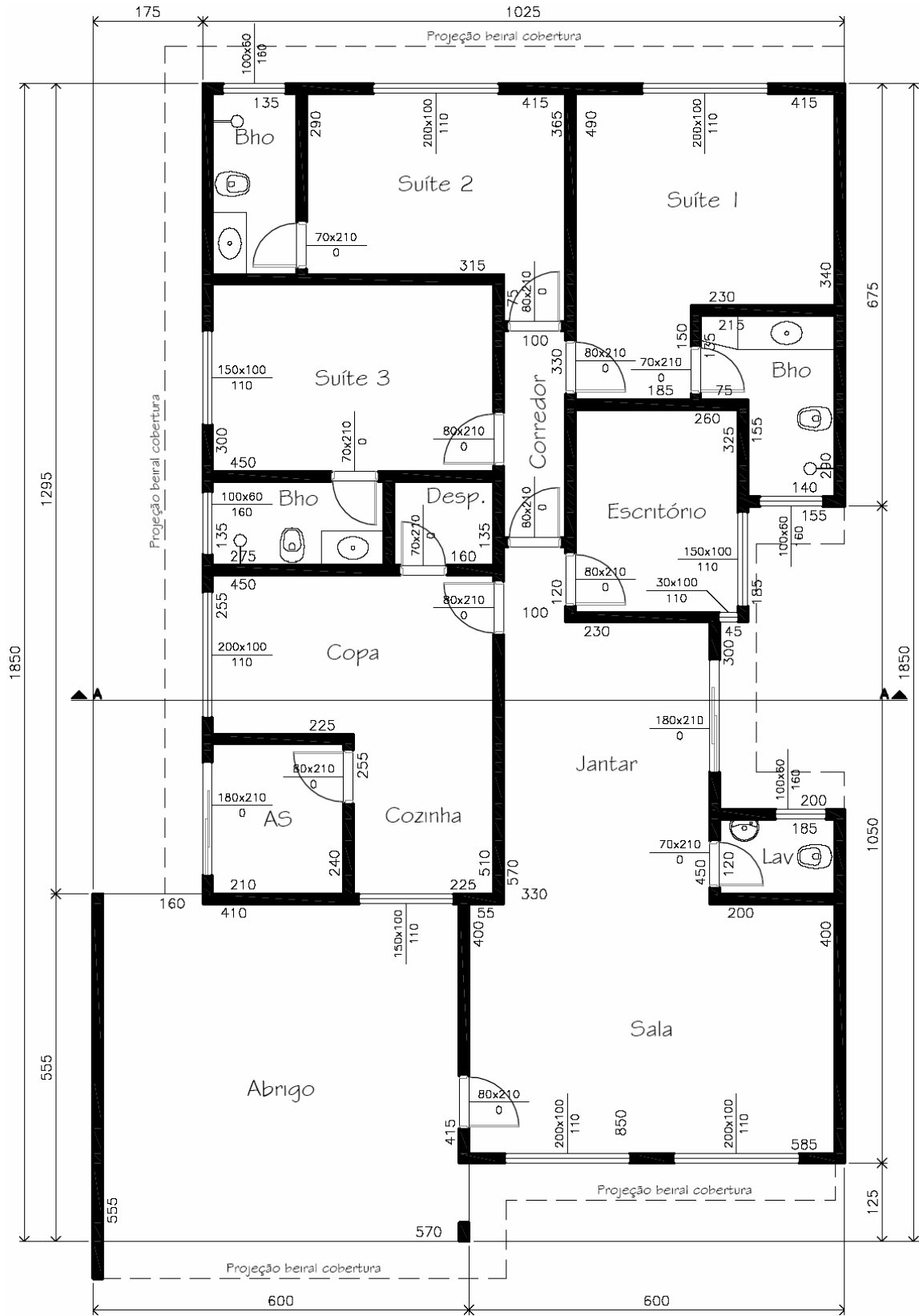


Figura 6.15 – Arquitetura e estrutura do Exemplo I

Tabela 6.11 – Comparativo no dimensionamento dos tipos de alvenaria – Exemplo I

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	1.578,3	1	5,26	1	4,50	1	3,94
				15	3,83	39	4,03	18	2,57
				18	3,42	18	3,64	15	2,46
2	9	1,53	1.269,2	1	4,96	11,23,32,34,36,39,42	ND	1	3,99
				15	4,39	18	7,76	32	2,85
				18	4,23	1	6,84	18	2,81
3	19	2,56	1.604,3	1	1,97	1	1,93	1	1,75
				15	1,57	18	1,48	15	1,25
				18	1,39	15	1,39	18	1,25
4	11,5	1,76	1.344,0	1	2,95	39	4,17	1	2,44
				15	2,46	21	3,83	18	2,06
				18	2,33	1	3,23	15	1,80
5	14	2,01	1,425,4	1	2,38	1	2,37	1	2,08
				18	1,93	15	1,93	18	1,71
				15	1,88	18	1,92	15	1,54

* ND – O dimensionamento não é possível

6.10 Exemplo J – Edificação assobradada

Trata-se de uma residência assobradada, padrão popular, constituída por: 2 dormitórios, 1 banheiro, sala e cozinha. A cobertura é em telha de barro, com estrutura de madeira apoiada sobre a laje. A área de construção é de 80 m². Esta arquitetura foi utilizada na construção de casas populares pela Companhia Habitacional de Ribeirão Preto (COHAB-RP) na década de 80. A Figura 6.17 apresenta a arquitetura e a Figura 6.18 e Figura 6.19 a proposta de estrutura deste exemplo, para o pavimento inferior e superior, respectivamente.

Neste exemplo, a altura real das paredes do pavimento inferior é de 2,90m, sendo 2,65m de piso a teto e 0,25m de embasamento (devido ao desenvolvimento da escada). Para as paredes do pavimento superior também é adotado a altura de 2,65m.

As dimensões adotadas para as vigas foram: 14x20 (V1, V2, V3 e V4); 14x30 (V5 e V6); 14x50 (V7 e v8). O carregamento devido à caixa d'água (10 kN) foi aplicado sobre a V101, que o distribui para a parede PAR 103 e a viga V102. O carregamento da escada foi aplicado nas paredes PAR 8 e PAR 9 e na viga V2. A Tabela 6.12 apresenta um resumo do

dimensionamento para o pavimento inferior e a Tabela 6.13 para o pavimento superior. As resistências necessárias das paredes do pavimento inferior são baseadas nos carregamentos obtidos pela **interação por grupos isolados**, e das paredes do pavimento superior pela **interação por paredes isoladas**. No item B.11 (Tabela B.66 a Tabela B.70) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

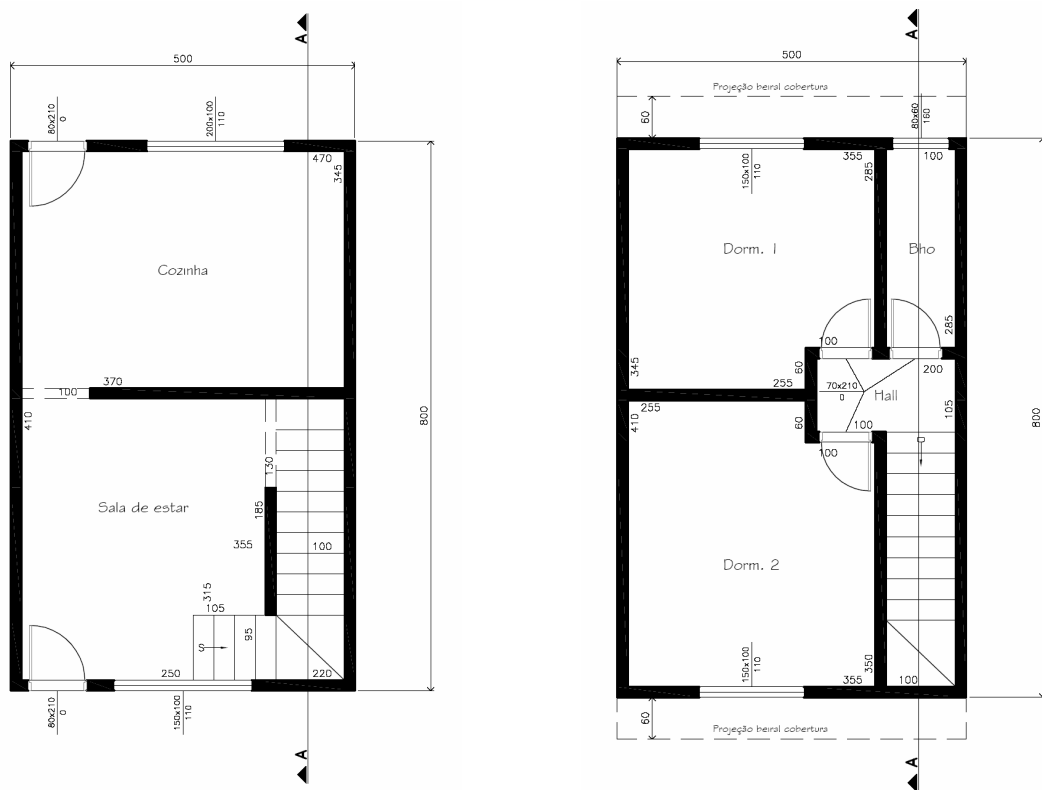


Figura 6.17 – Arquitetura do Exemplo J: Pavimento inferior e superior

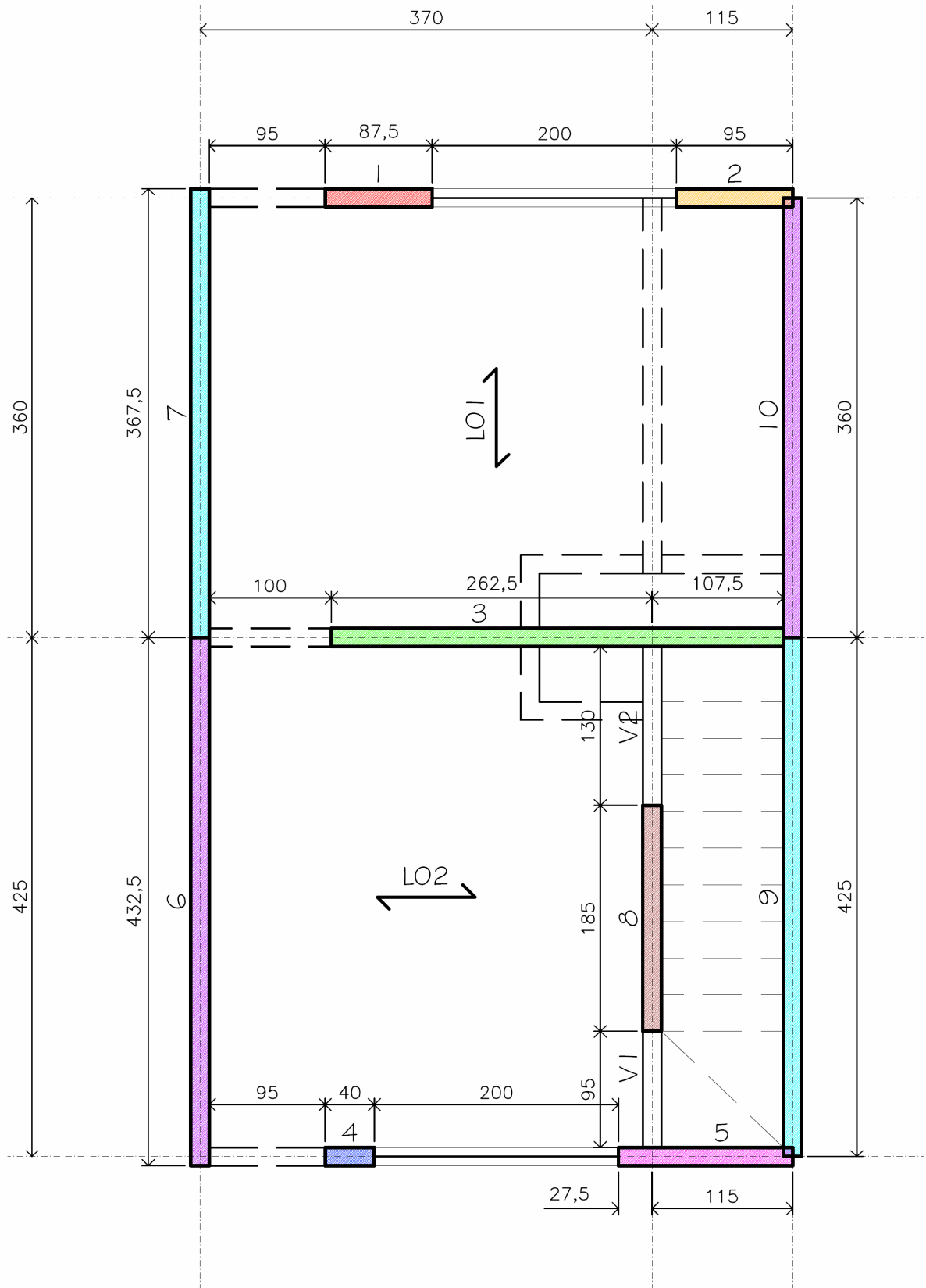


Figura 6.18 – Estrutura do Exemplo J: pavimento inferior

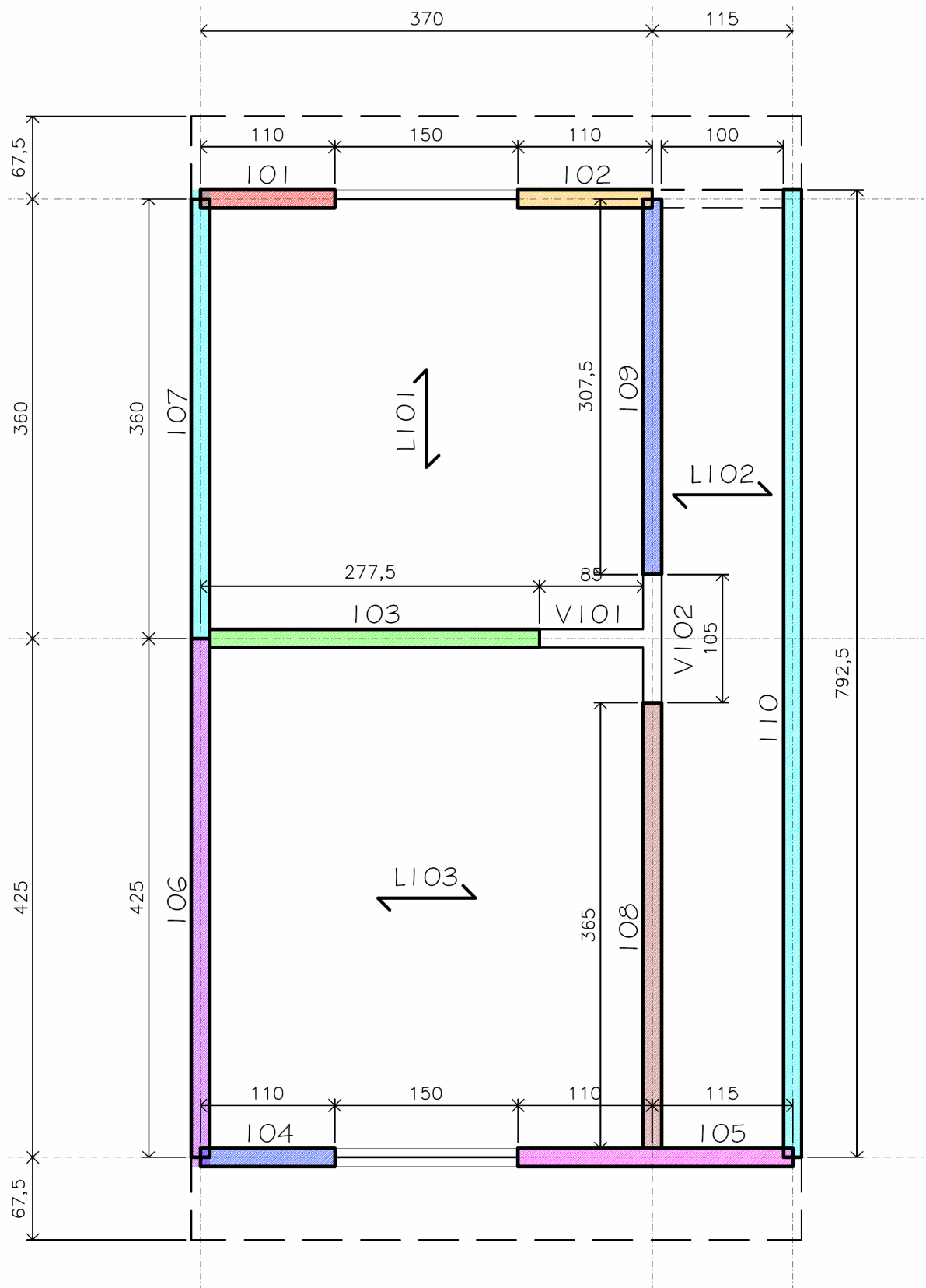


Figura 6.19 – Estrutura do Exemplo J: pavimento superior

Tabela 6.12 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo J – pavimento inferior

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f _p	PAR	f _{alv}	PAR	f _{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	834,5	4	4,91	4	8,15	1	4,09
				1	4,16	1	3,98	8	3,58
				8	4,13	2	3,71	2	3,24
2	9	1,53	659,7	4	5,36	1	9,36	1	4,73
				1	4,98	4	8,16	8	3,93
				8	4,97	2	8,01	2	3,14
3	19	2,56	849,2	4	1,73	2	1,81	2	1,67
				1	1,62	4	1,68	1	1,57
				8	1,44	1	1,42	4	1,37
4	11,5	1,76	702,0	4	2,88	4	ND	1	2,75
				1	2,60	2	3,39	2	2,51
				8	2,59	1	3,19	8	2,37
5	14	2,01	748,0	4	2,22	4	3,28	2	2,12
				1	1,96	2	2,57	1	2,03
				8	1,95	1	2,12	8	1,83

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela 6.13 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo J – pavimento superior

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f _p	PAR	f _{alv}	PAR	f _{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	420,1	102	1,67	102	1,31	102	1,15
				101	1,51	101	1,25	103/108	1,06
				104	1,13	104	1,01	101	1,05
2	9	1,53	327,6	102	1,91	102	2,29	102	1,21
				101	1,7	101	2,15	103/108	1,18
				103	1,24	103	1,70	101	1,10
3	19	2,56	427,6	102	0,66	102	0,64	102	0,59
				101	0,59	101	0,58	101	0,53
				104	0,45	104	0,43	104	0,40
4	11,5	1,76	350,0	102	1,15	102	1,14	102	0,88
				101	1,03	101	1,03	101	0,78
				103/104	0,75	103/104	0,77	103	0,75
5	14	2,01	374,3	102	0,89	102	0,87	102	0,74
				101	0,80	101	0,79	101	0,67
				103/104	0,59	103/104	0,58	103	0,56

6.11 Exemplo K – Edificação assobradada

Trata-se de uma residência assobradada, padrão classe média, constituída por: 4 dormitórios, 3 banheiros, escritório, sala e cozinha. A área de construção é de 135 m². A Figura 6.20 e a Figura 6.21 apresentam a arquitetura (pavimento inferior e superior); a Figura 6.22 apresenta a estrutura proposta do pavimento inferior e a Figura 6.23 a estrutura proposta do pavimento superior.

A altura real das paredes do pavimento inferior é de 2,90m, sendo 2,70m de piso a teto e 0,20m de embasamento. As paredes do pavimento superior têm altura de 2,70m. As vigas V1 e V101 têm dimensões de 14x50 cm.

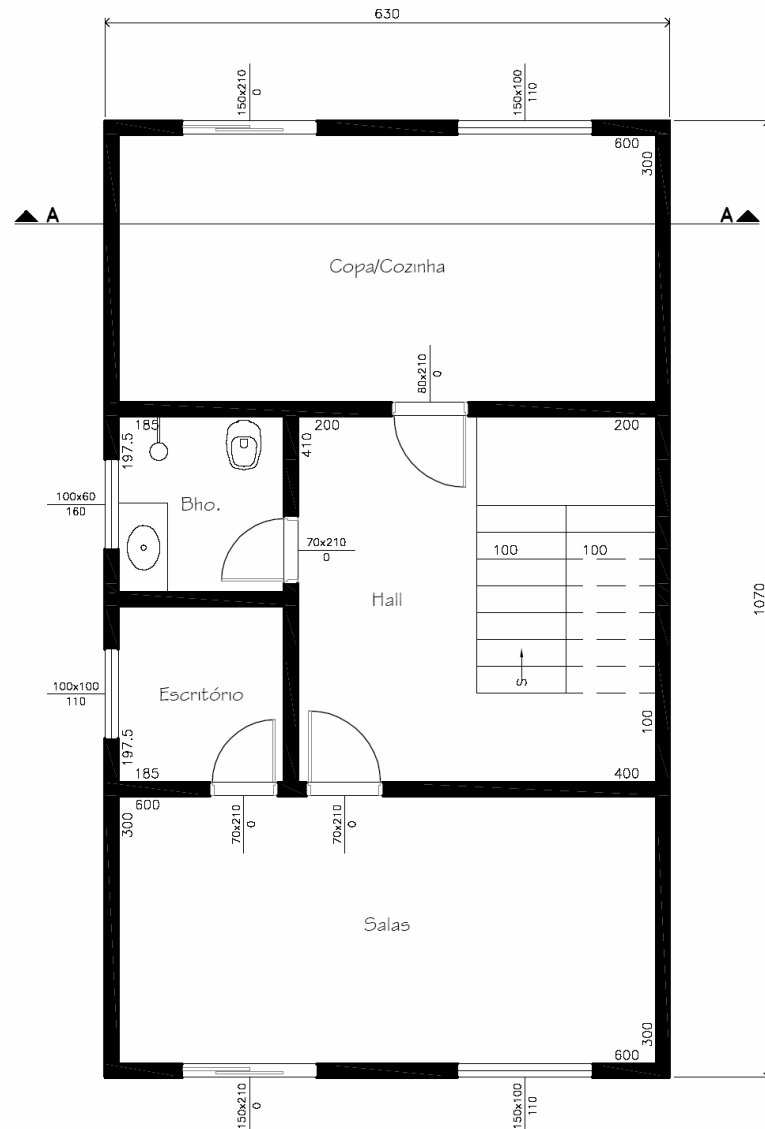


Figura 6.20 – Arquitetura do Exemplo K: pavimento inferior

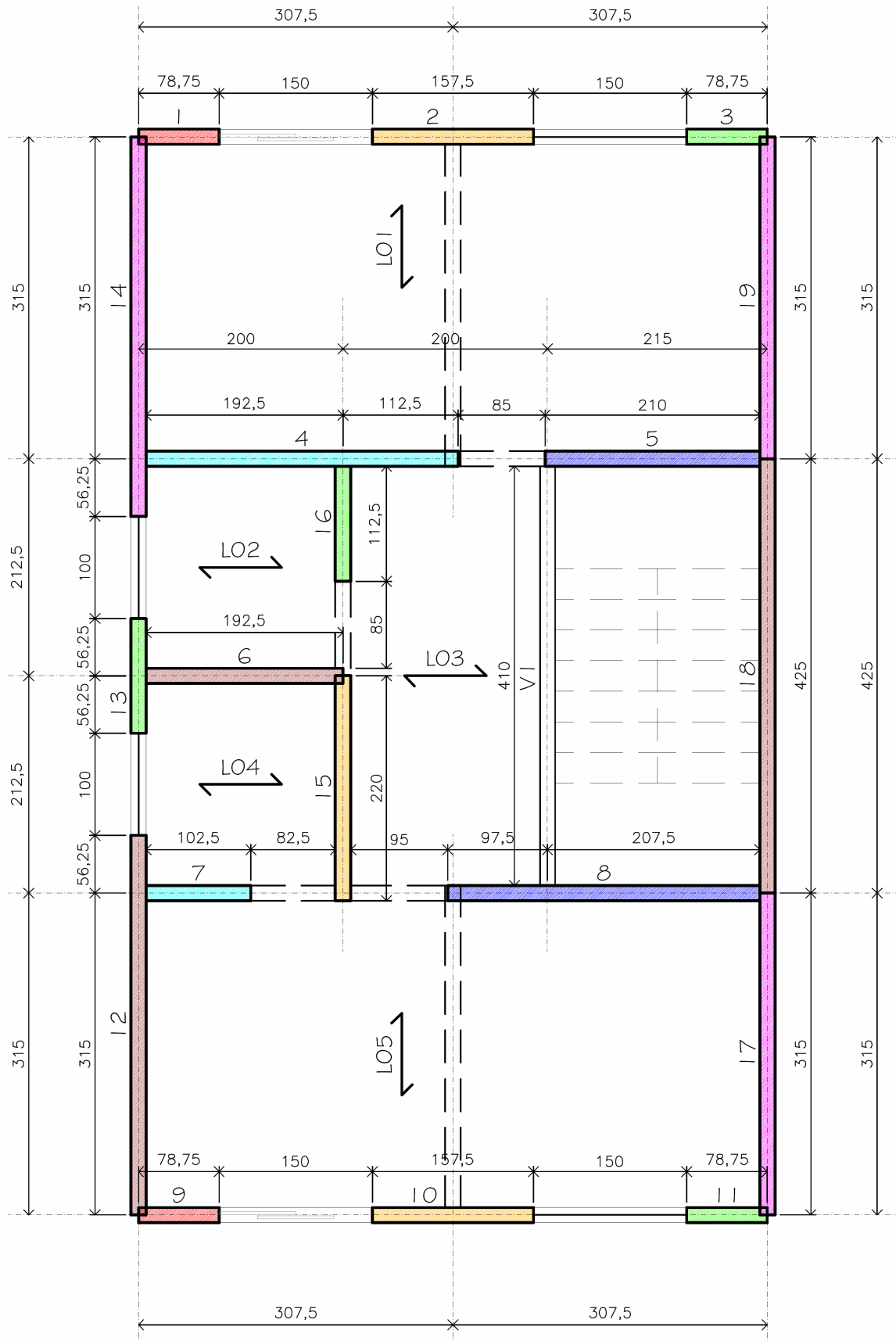


Figura 6.22 – Estrutura do Exemplo K: pavimento inferior

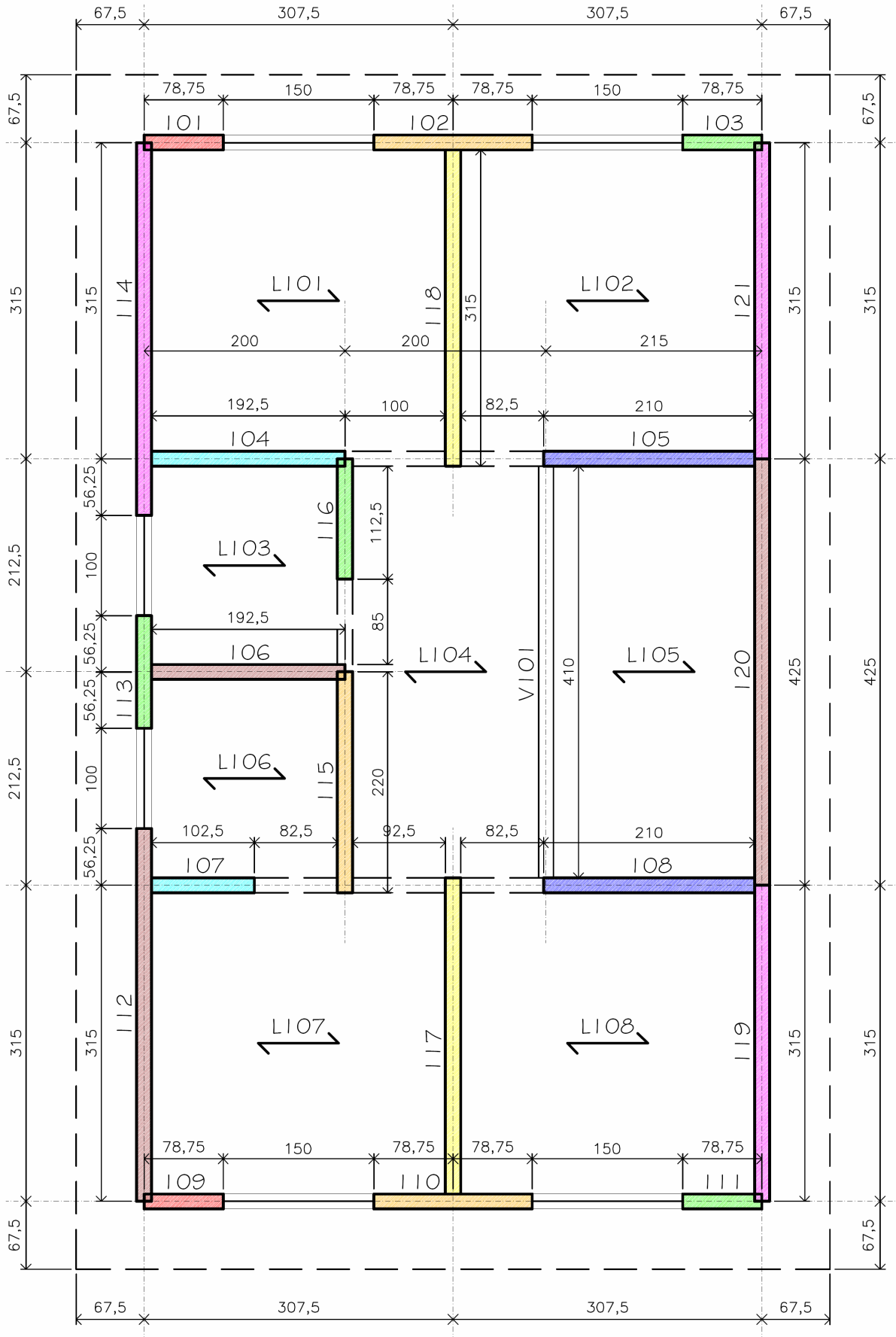


Figura 6.23 – Estrutura do Exemplo K: pavimento superior

As dimensões adotadas para as vigas V1 e V101 foram 14x50 cm. O carregamento devido à caixa d'água foi distribuído sobre a laje L104, igual a 2,35 kN/m² [20 kN / (2,00.4,25)]. A Tabela 6.14 apresenta o resumo do dimensionamento para as paredes do pavimento inferior e a Tabela 6.15 para pavimento superior. As resistências necessárias das paredes do pavimento inferior são baseadas nos carregamentos obtidos pela **interação por grupos isolados**, e das paredes do pavimento superior por **paredes isoladas**.

No item B.12 (Tabela B.72 a Tabela B.76 e Tabela B.78 a Tabela B.82) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

Tabela 6.14 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo K – pavimento inferior

Tipo	t	Peso da parede	Carga Total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
	(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)
1	10	2,48	1.333,1	2,10	4,80	2,10	4,34	2,10	4,37
				G(3,5,8,11,17,18,19)	2,64	15	2,99	15	3,56
				G(6,13,15)	2,58	G(3,11)	2,91	5	2,91
2	9	1,53	1.082,3	2,10	5,73	4,7,15	ND	2,10	4,98
				G(3,5,8,11,17,18,19)	3,11	2,10	9,76	15	4,03
				G(6,13,15)	2,99	G(3,11)	6,77	8	3,23
3	19	2,56	1.354,2	2,10	1,68	2,10	1,64	2,10	1,52
				G(3,11)	1,03	5	1,30	5	1,18
				1	0,95	8	1,20	8	1,08
4	11,5	1,76	1.143,0	2,10	3,00	2,10	3,53	2,10	2,96
				G(3,5,8,11,17,18,19)	1,63	5	2,60	15	2,36
				G(6,13,15)	1,58	8	2,43	5	2,05
5	14	2,01	1.209,0	2,10	2,25	2,10	2,38	2,10	2,21
				G(3,5,8,11,17,18,19)	1,23	5	1,93	15	1,66
				G(6,13,15)	1,20	8	1,76	5	1,57

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela 6.15 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo K – pavimento superior

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	647,7	116	1,47	116	1,39	105,108, 116	1,16
				105,108	1,45	115	1,18	102,110	0,93
				115	1,25	105,108	1,16	115	0,90
2	9	1,53	527,2	105,108,116	1,68	116	2,73	105,108	1,42
				113,115	1,39	115	2,30	116	1,32
				117,118	1,26	105,108	2,25	102,110	1,03
3	19	2,56	657,8	105,108,116	0,57	105,108,116	0,56	116	0,51
				113,115,101,103,109,111	0,48	113,115	0,48	105,108	0,50
				117,118	0,44	117,118	0,44	115	0,43
4	11,5	1,76	556,3	105,108,116	0,99	116	1,13	116	0,91
				113,115	0,83	105,108	1,01	105,108	0,87
				117,118	0,75	115	0,93	115	0,70
5	14	2,01	588,1	105,108,116	0,76	105,108,116	0,74	116	0,72
				113,115	0,64	113,115	0,63	105,108	0,63
				117,118	0,58	117,118	0,57	115	0,57

6.12 Exemplo L – Edificação assobradada

Trata-se de uma residência assobradada, padrão médio-alto, constituída por: 4 dormitórios, 5 banheiros, sala íntima, sala de TV, sala de jantar, sala de estar, copa, cozinha, despejo, área de serviço, garagem e varanda. A área de construção é de 286 m², sendo 118 m² do pavimento superior e 168 m² do pavimento inferior. A Figura 6.24 e a Figura 6.25 apresentam a arquitetura (pavimento inferior e superior) e a Figura 6.26 apresenta a estrutura proposta para o pavimento inferior e a Figura 6.27 para o pavimento superior.

A altura das paredes do pavimento inferior e superior é de 2,80m. As dimensões adotadas para as vigas foram: 14x20 (V2, V3, V4, V6, V7, V8, V101, V102, V103 e V104); 14x50 (V1, V5, V9, V10, V11, V12). O carregamento devido à caixa d'água foi distribuído sobre a laje L105, igual a 1,59 kN/m² [20 kN / (1,65.7,60)]. A Tabela 6.16 apresenta o resumo do dimensionamento para as paredes do pavimento inferior e a Tabela 6.17 para as paredes do pavimento superior. As resistências necessárias das paredes do pavimento inferior são baseadas nos carregamentos obtidos pela **interação por grupos isolados**, e das paredes do pavimento superior pela interação por **paredes isoladas**. No item B.13

(Tabela B.84 à Tabela B.88 e Tabela B.90 à Tabela B.94) são apresentados todos os resultados do dimensionamento.

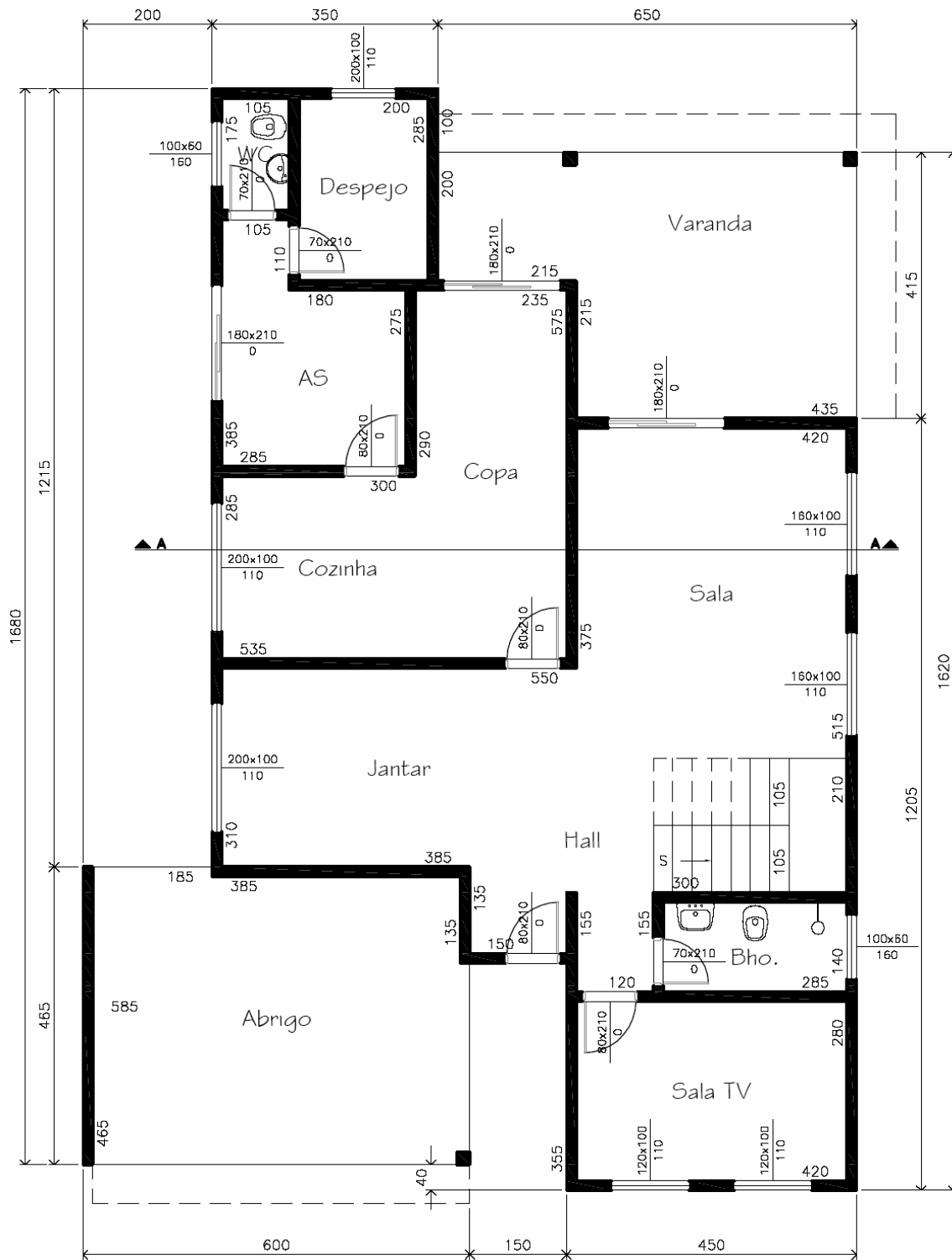


Figura 6.24 – Arquitetura do Exemplo L: pavimento inferior

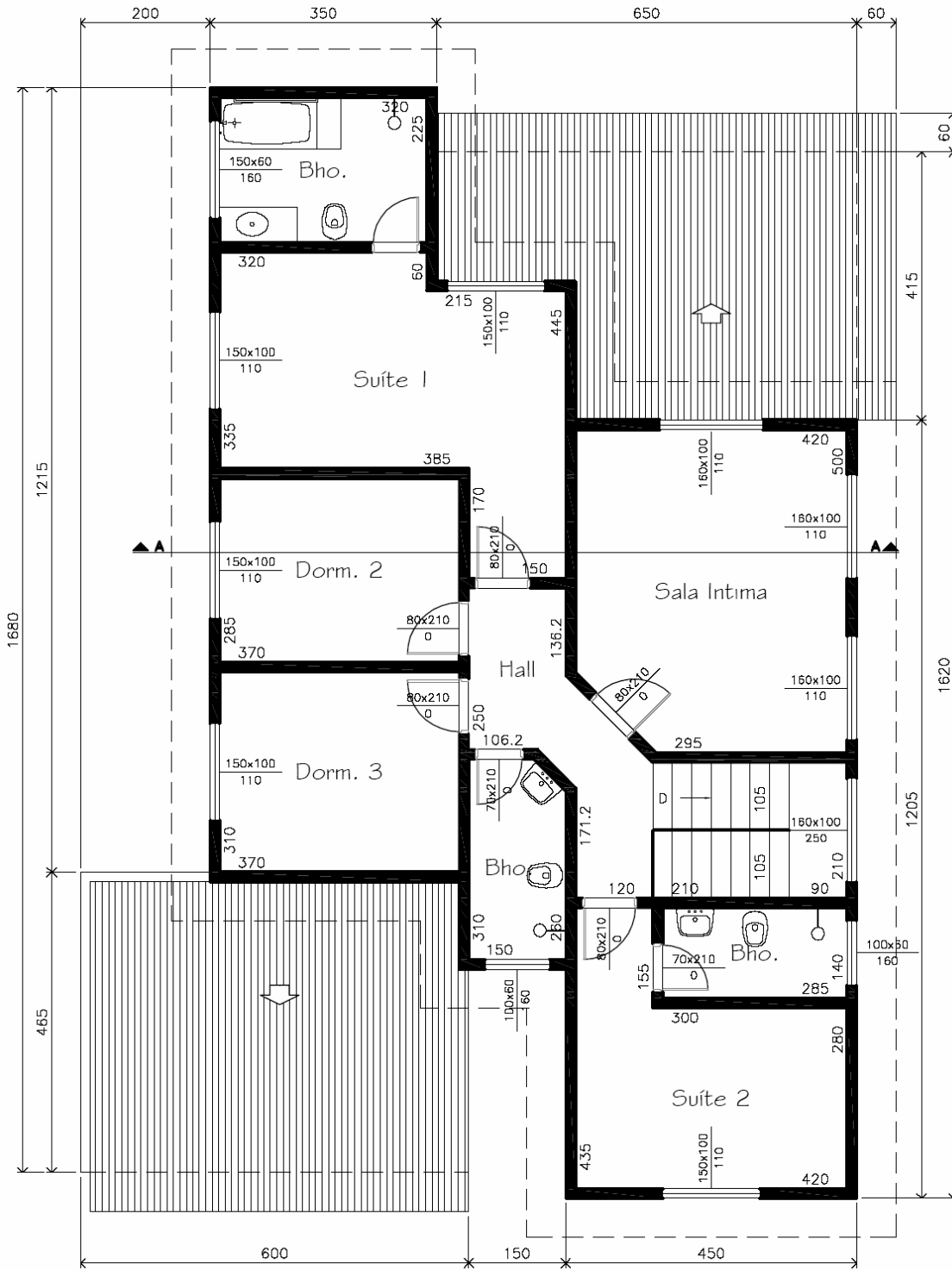


Figura 6.25 – Arquitetura do Exemplo L: pavimento superior

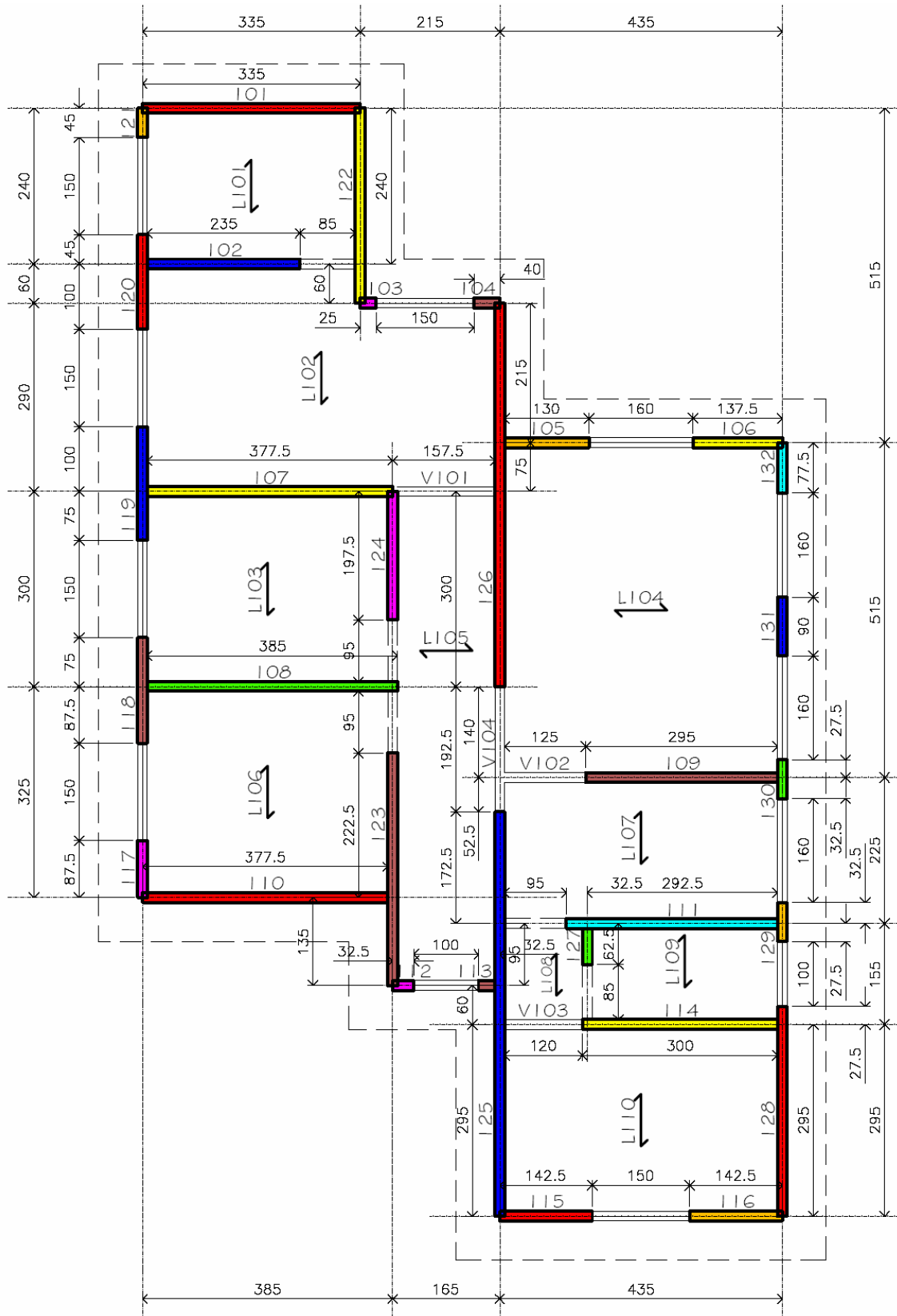


Figura 6.27 – Estrutura do Exemplo L: pavimento superior

Tabela 6.16 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo L – pavimento inferior

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f _p	PAR	f _{alv}	PAR	f _{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	2.329,4	30	5,12	30	4,88	30	5,02
				4	4,24	4	3,93	26	3,20
				26	3,81	12	3,41	29	3,10
2	9	1,53	1.941,2	30	6,26	13	ND	30	5,81
				G(4,26)	4,54	30	9,78	26	3,57
				12	3,99	4	7,34	29	3,53
3	19	2,56	2.362,1	30	2,09	4	1,98	30	2,02
				4	1,56	30	1,84	4	1,63
				12	1,42	12	1,53	26	1,24
4	11,5	1,76	2.035,2	30	3,45	30	4,04	30	3,51
				4	2,80	4	3,29	4	2,40
				26	2,53	20	3,05	26	2,24
5	14	2,01	2.137,3	30	2,59	4	3,29	30	2,58
				4	2,12	30	2,76	5	2,04
				26	1,91	26	1,90	26	1,72

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela 6.17 – Comparativo no dimensionamento – Exemplo L – pavimento superior

Tipo	t	Peso da parede	Carga total	Resistência Necessária					
				NB		BS		EC	
				PAR	f _p	PAR	f _{alv}	PAR	f _{alv}
(cm)	(kN/m ²)	(kN)		(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	10	2,48	1.058,7	103	3,65	103	7,29	131	2,79
				104	2,75	104	5,39	103	2,14
				131	2,54	113	4,08	126	1,94
2	9	1,53	866,2	103	4,49	103,112,113, 117,126,129	ND	131	3,36
				104	3,33	131	5,56	126	2,35
				131	3,10	104	5,13	103	2,18
3	19	2,56	1.074,9	103	1,34	103	1,39	103	1,13
				131	1,04	104	1,02	131	1,12
				104	1,01	130	0,96	104	0,83
4	11,5	1,76	912,8	103	2,47	103,104,112, 113,121	ND	131	2,03
				104	1,84	131	2,09	103	1,74
				131	1,71	130	1,69	126	1,30
5	14	2,01	963,5	103	1,85	103	2,75	131	1,50
				104	1,39	104	2,01	103	1,46
				130	1,33	131	1,38	104	1,07

* ND – O dimensionamento não é possível

7. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS EXEMPLOS

Em todos os exemplos, observou-se que as paredes com maior resistência necessária podem ser diferentes, conforme o tipo de alvenaria e a norma utilizada. Mesmo pela NB, onde a parede de maior solicitação quase sempre é a parede com maior resistência necessária, o fator de segurança para paredes que trabalham como pilar é diferente e pode haver variações (ainda que pequenas por esta norma).

Pela BS, as paredes consideradas como pilar ($b \cdot 4.t$) têm uma altura efetiva maior que as demais ($h_{\text{efetivo}}=h_{\text{real}}$), com acréscimo na esbeltez e, conseqüentemente, na excentricidade accidental, com grande redução no valor de b , o que implica em uma resistência necessária maior. Esta influência é proporcionalmente mais significativa que pela NB. Assim, estas paredes de comprimento pequeno são penalizadas.

Já pelo EC, pelo fato de ser considerado o travamento lateral das paredes, estes trechos de pequena extensão, quando não isolados, são beneficiados por uma altura efetiva menor e, conseqüentemente, o valor de Φ é maior, o que implica em uma resistência necessária menor.

O peso próprio da alvenaria influenciou significativamente no dimensionamento das paredes que recebem carregamentos de vergas, de tal forma que, para alguns tipos de alvenaria (as mais pesadas), este carregamento foi maior que o carregamento proveniente das lajes.

7.1 Análise individual dos exemplos

Apresenta-se a seguir uma análise do dimensionamento de cada exemplo, enfocando-se principalmente as paredes mais solicitadas e a comparação entre os resultados das três normas. Muitas vezes, as paredes críticas se referem a casos onde é possível uma intervenção simples no projeto estrutural.

Assim, analisam-se também as possibilidades de se otimizar os projetos, já que a proposta estrutural apresentada (assim como os detalhes do projeto arquitetônico) é apenas uma dentre as várias alternativas possíveis. Ou seja, nos itens seguintes procura-se destacar e eliminar os casos visivelmente inadequados (normalmente referidos a paredes isoladas), que podem inviabilizar a solução em alvenaria resistente. Além disso, a análise dos casos críticos pode sugerir diretrizes para concepção da solução estrutural mais viável.

A alvenaria tipo 1 foi normalmente usada como referência para uma análise mais detalhada dos resultados neste item. É uma das mais pesadas e tem espessura reduzida, o

que justifica ser um dos casos mais críticos. Mas é de tijolo maciço, cujo potencial de uso é maior para esta finalidade resistente, por ter bom desempenho estrutural. Assim, se abdica de uma análise mais detalhada dos resultados para os blocos cerâmicos.

7.1.1 Exemplo A

Excetuando-se a alvenaria de bloco de 9 cm, todos os valores resultaram baixos. Para todas as alvenarias as paredes PAR 7, PAR 9 e PAR 10 foram as mais críticas, pelas três normas, sendo a PAR 7 a mais crítica sempre. Isso só não ocorreu para a alvenaria tipo 2 (bloco cerâmico, $t=9$ cm), quando a PAR 16 não pôde ser dimensionada pela BS, devido ao elevado valor da excentricidade. Para os demais tipos de alvenaria, a parede PAR 16 não esteve entre as três paredes com maior resistência necessária.

Os valores máximos obtidos pela análise de paredes isoladas foram 2,05 MPa e 1,65 MPa, para a NB e BS ou EC, respectivamente, para a alvenaria tipo 1. A parede PAR7 é uma parede isolada (e também recebe o carregamento da viga V3). Apesar do valor da resistência necessária não ser elevado, por nenhuma norma, poderia haver um ajuste na arquitetura para diminuí-lo, deslocando-se o caixilho da sala (com o cuidado de não comprometer a parede PAR 8).

As paredes PAR 9 e PAR 10 apresentaram resistência necessária próxima da PAR 7. No entanto, estas paredes interagem com outras (na análise por grupos de paredes), o que resulta em valores menores de resistência, como se mostra posteriormente.

7.1.2 Exemplo B

Novamente os valores de resistência necessária foram reduzidos. As paredes PAR 2, PAR 5, PAR 7 e PAR 12 foram as mais solicitadas para todos os tipos de alvenaria, pelas três normas. Os maiores valores de resistência para alvenaria tipo 1 foram 2,01 MPa, 1,72 MPa e 1,24 MPa, respectivamente para NB, BS e EC.

A parede PAR 13 recebe carga de duas vigas (V2 e a viga de madeira da varanda). Esta região de apoio deve ser verificada e, conforme o caso, o uso de coxim pode ser necessário. O mesmo ocorre para as paredes PAR 8 e PAR 12.

A platibanda no perímetro da construção atua como um carregamento centrado no topo destas paredes, minimizando o valor da excentricidade do carregamento no topo. Apesar de estas paredes receberem uma carga maior, foi a parede PAR 7 que se apresentou como a parede de maior resistência necessária, devido à excentricidade, à extensão reduzida e ao carregamento da viga V1. A parede PAR 12, também entre as de maior resistência necessária, recebe o carregamento de duas vigas (V1 e V2) e é uma

parece central (recebe o carregamento de duas lajes). Enquanto para a parede PAR 7 pode-se pensar numa interação com a parede PAR 11, a parede PAR12 é isolada e com poucas possibilidades de ajustes na arquitetura.

7.1.3 Exemplo C

Novamente a alvenaria tipo 2 resultou em alguns valores discrepantes. Para a alvenaria tipo 1, os maiores valores foram 1,81 MPa, 5,54 MPa e 2,90 MPa, respectivamente para NB, BS e EC. Ou seja, neste exemplo as diferenças entre as normas foram significativas. Os maiores valores (5,54 MPa – PAR 3 pela BS e 2,90 MPa – PAR 2 pelo EC) se referem a paredes distintas. A PAR 3 foi deveras penalizada na formulação por sua extensão muito limitada. No entanto, em ambos os casos a consideração da interação com paredes vizinhas deve diminuir estes valores (como se analisa posteriormente).

As paredes PAR 5, PAR 3 e PAR 2 foram as de maior resistência necessária. A parede PAR 5 devido ao carregamento da caixa d'água e a parede PAR 3 devido ao comprimento reduzido (penalizado pela NB e BS). Estas três paredes interagem com outras, o que viabiliza valores menores da resistência necessária quando da consideração da interação entre paredes.

Na análise pelo EC, observou-se que a resistência necessária da parede PAR 2 foi praticamente o dobro da resistência necessária das paredes PAR 1 e PAR 5 (as três mais solicitadas). Ou seja, ajustes que reduzam a resistência de uma única parede podem diminuir para a metade a resistência necessária da edificação (os ajustes podem ser na arquitetura ou na distribuição do carregamento).

A direção escolhida para o apoio das lajes L03 e L04 (quadradas) neste exemplo foi equivocada, sob o ponto de vista da alvenaria, visto que as paredes PAR 9, PAR 12 e PAR 14 não possuem caixilhos e, portanto, têm maior área para distribuição dos carregamentos. Mesmo assim, para este exemplo esta situação não foi determinante no dimensionamento.

7.1.4 Exemplo D

Neste exemplo seria necessária uma alteração pontual no projeto. Claramente se observa a inadequação da solução para a parede PAR 9 (que foi apresentada justamente para destacar o problema e mostrar a importância de uma correta disposição de paredes e lajes). Ela tem extensão muito reduzida (25 cm), é isolada, e recebe grande carregamento de laje. Assim, ela resultou na parede mais crítica, com resistência necessária muito acima das demais. A inversão do apoio das lajes, o reposicionamento dos caixilhos, a substituição deste trecho por um pilar ou mesmo a inserção de uma viga apoiada nas paredes PAR 8 e

PAR 10 podem ser soluções para aperfeiçoar o projeto. Neste exemplo, por simplificação, desprezou-se esta parede, entendendo-se que a solução necessariamente deveria ser outra.

Desta forma, a parede PAR 6 apresentou a maior resistência necessária. Para a alvenaria tipo 1 os valores foram 1,80 MPa, 1,39 MPa e 1,41 MPa, respectivamente para NB, BS e EC.

7.1.5 Exemplo E

Mesmo se tratando de edificação térrea com vãos limitados, os valores de resistência obtidos foram maiores que os anteriores. As paredes mais solicitadas foram as PAR 14, PAR 15, PAR 16 e PAR 17. Para alvenaria tipo 1, os valores máximos foram 2,83 MPa, 4,47 MPa e 3,94 MPa, respectivamente para NB, BS e EC.

Os caixilhos estão concentrados na lateral direita da edificação, com várias seqüências de paredes isoladas, que resultaram nas maiores resistências necessárias. A direção de apoio das lajes pode comprometer mais ou menos estas paredes. Neste caso, parece razoável a proposta de se evitar que esta lateral seja apoio principal para as lajes (como ocorreu para as lajes L01, L04 e L05). Entretanto a parede crítica no dimensionamento foi a PAR 16 (parede isolada entre dois grandes caixilhos, carregada com apenas parte da carga da laje L05). O que demonstrou que nem sempre somente o cuidado com o apoio das lajes é suficiente.

Os resultados destacaram a inadequação da solução. A presença de grandes vãos (ou a pequena quantidade de paredes relativamente à área de lajes), agravados pelo fato das paredes serem isoladas, compromete a viabilidade do emprego de alvenaria como único elemento resistente (fato que também ocorre na alvenaria estrutural). Nestes casos, a utilização de uma viga de concreto armado com pilares de apoio seria mais interessante. Desprezando-se estas paredes críticas, os valores de resistência seriam significativamente mais baixos.

7.1.6 Exemplo F

As mais solicitadas foram as paredes PAR 10, PAR 6 e PAR 3. Pela NB e BS a crítica foi a parede PAR 6 ($L=32,5$ cm), com 3,27 MPa e 5,5 MPa, respectivamente; pelo EC, foi a parede PAR 10, com 2,74 MPa (parede isolada).

Para as paredes PAR 6 e PAR 3 pode-se seguramente contar com a interação entre paredes (numa situação limite, elas poderiam até ser eliminadas) e os valores devem diminuir. Já no caso da parede PAR 10 seriam necessários ajustes nos tamanhos dos

caixilhos ou a inversão do apoio da laje L07 (claramente com direção de apoio equivocada). Novamente se destaca a importância da escolha correta da direção da laje.

7.1.7 Exemplo G

Neste exemplo, as paredes com maior resistência necessária foram as paredes PAR 11, PAR 14 e PAR 15. Para as paredes PAR 14 e PAR 15 é possível a consideração da interação entre as paredes; a PAR 11 é uma parede isolada.

Para alvenaria tipo 1 os valores máximos foram 1,94 MPa, 1,57 MPa e 1,83 MPa, respectivamente para NB, BS e EC. No caso específico da parede isolada PAR 11, os valores máximos foram 1,65 MPa, 1,35 MPa e 1,32 MPa.

Avilla Junior e outros (2000) apresentaram um estudo para este projeto, com blocos cerâmicos de vedação similares aos blocos estruturais (9 cm, $f_{bk}=3,5$ MPa), onde se concluiu que a resistência do bloco seria suficiente ($f_{bk}=3,5$ MPa, que corresponderia a uma resistência da alvenaria de 1,85 MPa).

7.1.8 Exemplo H

As mais solicitadas foram as paredes PAR12, PAR 13, PAR 20 e PAR 21. Apenas a parede PAR 20 resultou em valores discrepantes. Ela recebe carregamento elevado da laje L01 (laje do abrigo). É uma parede isolada, que poderia ser um pilar de concreto armado ou ter sua espessura alterada, sem conflitos com a arquitetura. Desprezando-a, os maiores valores de resistência para a alvenaria tipo 1 foram 1,93 MPa, 1,77 MPa e 1,99 MPa, para NB, BS e EC, respectivamente.

As paredes PAR 12 e PAR 21 (dentre as mais solicitadas) podem interagir com paredes vizinhas. No entanto, a análise do grupo (formado por estas duas paredes), neste caso, pouco altera os resultados, já que ambas são muito carregadas, conforme se mostra posteriormente.

7.1.9 Exemplo I

As paredes PAR 1, PAR 15, PAR 18 e PAR 39 foram as mais solicitadas. Para a alvenaria tipo 1, os valores máximos foram 5,26 MPa, 4,5 MPa e 4,94 MPa, respectivamente para NB, BS e EC, ou seja, valores relativamente elevados. As paredes PAR 1 e PAR 15 podem se beneficiar da interação com paredes vizinhas.

As paredes PAR 18 e PAR 39 são isoladas (sem possibilidade de interação com as demais). A parede PAR 39 (trecho pequeno entre dois caixilhos) se comporta como pilar; deve ser substituída por um pilar de concreto armado (ou eliminar o caixilho menor,

claramente dispensável). A parede PAR 18 está situada entre dois grandes caixilhos e recebe carga de laje de maior extensão. Mais uma vez, claramente se observa uma inadequação da solução. Para estas duas paredes isoladas, os valores máximos foram 3,42 MPa, 4,03 MPa e 2,57 MPa, respectivamente para NB, BS e EC. Esses ajustes são necessários e fáceis de serem implementados.

7.1.10 Exemplo J

Este é o primeiro exemplo com dois pavimentos (edificação assobradada). No pavimento inferior todos os trechos de parede foram considerados resistentes, inclusive os trechos que provavelmente serão utilizadas para passagem de tubulações hidráulicas (PAR 2 e PAR 10) – neste caso, idealmente alojam-se as tubulações em shafts ou enchimentos, sem que seja haja comprometimento da parede estrutural.

Algumas paredes do pavimento inferior estão alinhadas com as paredes do pavimento superior, tendo inclusive o mesmo comprimento (PAR 6 e PAR 106); em outros casos isso não ocorre. Esta é uma característica do tipo de obra estudado. Na projeção da parede PAR 102 há um caixilho, onde a verga deve encaminhar a carga deste trecho para as paredes PAR 1 e PAR 2. O carregamento deste trecho inclui a carga da parede PAR 102 e da laje L01 (onde há parte da carga da parede PAR 109, apoiada sobre a laje). Neste exemplo, o pé direito é baixo devido ao desenvolvimento da escada, o que reduz o espaço entre o caixilho e a laje (bandeira). Isso torna propício o uso de uma viga de concreto armado, com possibilidade de ser contínua desde a PAR 6, tendo como apoio intermediário a PAR 1, até a PAR 2, para melhor distribuição do carregamento da laje e do pavimento superior.

Outras paredes também apresentam diferenças do pavimento superior para o inferior. Neste exemplo existe uma diminuição significativa da área de paredes disponíveis no pavimento inferior. Isso resultou em uma grande diferença entre os valores dos dois pavimentos.

A parede PAR 109 serve de apoio para duas lajes (L101 e L102) e se apóia sobre a laje L01. Esta situação poderia ser evitada prolongando-se a viga V101 até a parede PAR 110, formando dois painéis de laje, semelhante às lajes L01 e L02 do pavimento inferior.

Neste exemplo, a existência da parede PAR 8 simplifica muito o apoio da escada e do pavimento superior. Outra opção seria apoiar a escada nas paredes PAR 3 e PAR 5, e, caso não existisse a parede PAR 8, haveria uma viga de apoio para a laje L02 e para a parede PAR 108, com possibilidade de apoiar esta viga nas paredes PAR 3 e PAR 5.

Por se tratar de dois pavimentos, os carregamentos são maiores. Desta forma, deve-se prever o posicionamento das tubulações hidráulicas de modo a não comprometer as paredes do pavimento inferior. A parede PAR 2 se situa no canto onde provavelmente haverá passagem de tubulação de água para abastecimento da cozinha. A passagem de prumadas de esgoto pode interromper a parede PAR 10 (quando adotadas paredes com espessura menor que 14 cm); nestes casos é prudente considerar uma interrupção na parede, separando a PAR 10 em trechos, sem possibilidade de interação entre eles. O uso de enchimento de alvenaria (popularmente chamado de boneca) para esconder uma tubulação vertical que passa ao lado de uma parede resistente é, do ponto de vista estrutural, a melhor solução.

A distribuição do carregamento das paredes do pavimento superior para o inferior foi realizada por área de projeção: limitam-se os comprimentos de influência das paredes do pavimento inferior, desde o meio de um caixilho (verga) ou início da parede, até o centro de outro caixilho ou final da parede. Os carregamentos neste intervalo são aplicados sobre a parede em questão.

Por exemplo, a parede PAR 102 está posicionada de forma que 30 cm do seu comprimento fica à esquerda do centro do caixilho da cozinha; assim, o carregamento deste trecho é aplicado sobre a PAR 1 e o restante sobre a PAR 2. O carregamento da parede PAR 108 foi aplicado por trechos, tal que o correspondente aos primeiros 95cm é aplicado sobre a V1; 1,85 m sobre a parede PAR 8; e 85 cm sobre a viga V2. Do carregamento da viga V1, parte se apóia na PAR 5 e parte na PAR 8; o mesmo ocorre com o carregamento da viga V2, que se apóia nas paredes PAR 8 e PAR 3.

O carregamento da parede PAR 109 (apoiada sobre a laje L01) foi realizado diretamente para a parede PAR 2 e PAR 3, distribuído por área de influência. Outra possibilidade seria considerar todo o carregamento da parede PAR 109 aplicado em um único ponto (centro de aplicação de carga = centro da parede PAR 109) e, ponderando-se pelas distâncias aos apoios, calcular-se-ia a reação em cada parede. Desta mesma forma, a reação obtida sobre o caixilho entre as paredes PAR 1 e PAR 2 poderia ser distribuída ponderando-se pela distância a essas paredes. Nestes exemplos, por simplificação, todo carregamento foi distribuído por área de influência, tanto aqueles aplicados sobre a laje como os aplicados sobre vergas e vigas.

Nos exemplos assobradados, a resistência necessária para o **pavimento superior** foi calculada com base na interação por **paredes isoladas** e no **pavimento inferior** com base nos resultados da interação por **grupos isolados** (neste caso considerando o pavimento superior também com a interação por grupos isolados).

As paredes PAR 1 e PAR 4, mesmo sendo isoladas, apresentaram variação no carregamento quando da consideração da interação. Isto ocorreu porque as paredes do pavimento superior são sujeitas à interação.

As paredes PAR 1, PAR 2, PAR 4 e PAR 8 foram as que apresentaram a maior resistência necessária no pavimento inferior. Para a alvenaria tipo 1, os valores máximos foram 4,91 MPa, 8,15 MPa e 4,09 MPa, respectivamente para NB, BS e EC (referidas à parede PAR 1 ou PAR 4). As paredes PAR 1 e PAR 4 são isoladas e estão situadas entre grandes aberturas, além de estarem submetidas a grandes cargas de laje (PAR 1). Seguramente, esta situação deveria ser alterada. Ou seja, apesar da BS permitir o uso de alvenarias com espessura de 9 cm e esbeltez de 27, as resistências exigidas para estes casos podem ser muito maiores. Desprezando-as, ainda assim os valores máximos ficam iguais a 4,13 MPa, 3,71 MPa e 3,58 MPa, respectivamente para NB, BS e EC, para as paredes PAR 2 ou PAR 8 (alvenaria tipo 1).

No pavimento superior não há paredes isoladas. A diferença entre as duas paredes mais solicitadas é da ordem de 10% em praticamente todos os casos. Os valores máximos para a alvenaria tipo 1, foram 1,67 MPa, 1,31 MPa e 1,15 MPa, respectivamente para NB, BS e EC. Isso mostra a importância do bom lançamento das paredes resistentes (e de uma arquitetura adequada), privilegiando a ausência de paredes isoladas e uma boa quantidade de paredes relativamente à área de laje.

Registre-se ainda que a parede PAR 109 se apóia na laje L01, cujo dimensionamento deve contemplar o bom funcionamento da parede (deformação excessiva). A norma de concreto armado, NB 6118:2003, recomenda, para as peças de concreto armado que suportam alvenaria, um deslocamento menor que um dos limites: vão/500; 1 cm e ângulo de rotação menor ou igual a 0,0017 radianos.

7.1.11 Exemplo K

No pavimento inferior, as paredes PAR 2 e PAR 10 (paredes isoladas) foram as que apresentaram as maiores resistências necessárias. Para a alvenaria tipo 1 os valores máximos foram 4,80 MPa, 4,34 MPa e 4,37 MPa, respectivamente para NB, BS e EC. São paredes isoladas situadas entre dois grandes caixilhos, com grande carga de laje. Situação claramente a ser evitada, já identificada em exemplos anteriores.

Desprezando-as, os maiores valores se referem à parede PAR 15 (ou ao seu grupo), iguais a 2,64 MPa, 2,99 MPa e 3,56 MPa respectivamente, para NB, BS e EC. Apesar de estar submetida ao mesmo carregamento que as demais paredes do seu grupo (segundo a hipótese adotada para dois pavimentos – grupos isolados), pelo EC a parede PAR 15

requeriu maior resistência, devido às diferenças na consideração do travamento lateral (na PAR 6 o travamento ocorre em ambos os lados; na PAR 13, de comprimento menor, o benefício do travamento é maior). O mesmo ocorreu com as paredes PAR 5 e PAR 8.

No pavimento superior, novamente não há paredes isoladas e a diferença na extensão das paredes relativamente ao andar inferior é menor. As paredes PAR 105, PAR 108 e PAR 116 foram as de maior resistência necessária. Os valores máximos, para alvenaria tipo 1, foram 1,47 MPa, 1,39 MPa e 1,16 MPa, para NB, BS e EC, respectivamente. Ou seja, na ausência das paredes isoladas, os valores são significativamente menores.

7.1.12 Exemplo L

As mais solicitadas do pavimento inferior foram as paredes PAR 30, PAR 4, PAR 12 e PAR 26. para alvenaria tipo 1 os valores máximos foram 5,12 MPa, 4,88 MPa e 5,02 MPa, respectivamente para NB, BS e EC (sempre para a parede PAR 30, entre dois grandes caixilhos, com grande área de laje – os dois caixilhos poderiam ser substituídos por apenas um, resolvendo-se a nítida inadequação).

Desprezando-se esta parede, o segundo valor crítico se refere à parede PAR 4 pela NB e BS e à parede 26 pelo EC, com valor iguais a 4,24 MPa, 3,93 MPa e 3,20 MPa, respectivamente. Lembra-se que para esta parede já se considerou a interação com a parede PAR 26. Ou seja, a única possibilidade de melhorar esta situação seria alterar um pouco a posição da abertura ao lado da parede PAR 4. Registra-se que pela NB e BS, a resistência da parede PAR 4 foi maior que da PAR 26, pois sua extensão é menor (pilar).

Para o pavimento superior, os valores máximos de resistência necessária e a parede onde isso ocorreu foram muito diferentes para as normas estudadas. As paredes PAR 103, PAR 104 e PAR 113 se referem a pequenos trechos junto a aberturas, que podem contar com o benefício da interação com as paredes vizinhas. No limite, podem inclusive ser eliminada.

Restaria a parede PAR 131, com valor de 2,54 MPa, 4,08 MPa e 2,79 MPa, pela NB, BS e EC, respectivamente. Trata-se de uma parede isolada, entre dois caixilhos, com grande área de laje apoiada, onde seria facilmente feito algum ajuste na disposição das aberturas.

7.2 Síntese por paredes isoladas – 1 pavimento

A Tabela 7.1 apresenta o resumo das resistências necessárias obtidas por cada norma para os exemplos estudados, relativo às edificações térreas e ao pavimento superior

das assobradadas. Estes resultados excluem as paredes PAR 9 do exemplo D e PAR 20 do exemplo H, visto que são trechos claros da necessidade de intervenção do projetista e facilmente substituídos por pilares ou alvenaria com maior espessura. Em alguns casos, o arranjo das paredes poderia ser otimizado, obtendo-se resistências necessárias menores, como já discutido e aprofundado no item 7.4. O Gráfico 7.1 ilustra este comparativo dos resultados obtidos para a alvenaria tipo 1. O Gráfico 7.2 se refere à alvenaria tipo 4 e o Gráfico 7.3 à alvenaria tipo 5.

Tabela 7.1 – Comparativo de resistências necessárias entre as normas

Exemplo	Alvenaria tipo 1			Alvenaria tipo 4			Alvenaria tipo 5		
	NB	BS	EC	NB	BS	EC	NB	BS	EC
	f_p	f_{alv}	f_{alv}	f_p	f_{alv}	f_{alv}	f_p	f_{alv}	f_{alv}
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	1,54	1,39	1,44	0,99	1,09	1,11	0,76	0,75	0,77
A	2,05	1,65	1,65	1,37	1,41	1,18	1,03	1,03	0,90
B	2,01	1,72	1,24	1,46	1,41	0,95	1,11	1,41	0,82
C	1,81	5,54	2,90	1,21	ND	2,13	0,91	1,06	1,38
D^(*)	1,80	1,39	1,41	1,20	1,22	1,02	0,91	0,90	0,78
E	2,83	4,47	3,94	1,84	ND	2,24	1,40	1,88	1,49
F	3,27	5,50	2,74	1,97	5,27	1,82	1,54	2,14	1,50
G	1,94	1,57	1,83	1,30	1,29	1,27	0,98	0,74	0,89
H^(**)	1,93	1,77	1,99	1,38	1,47	1,41	1,09	1,16	0,99
I	5,26	4,50	3,94	2,95	4,17	2,44	2,38	2,37	2,08
J^(***)	1,67	1,31	1,15	1,15	1,14	0,88	0,89	0,87	0,74
K^(***)	1,47	1,39	1,16	0,99	1,13	0,91	0,76	0,74	0,72
L^(***)	3,65	7,29	2,79	2,47	ND	2,03	1,85	2,75	1,50

* Excluída a parede PAR 9; ** Excluída a parede PAR 20; *** Dimensionamento do pavimento superior

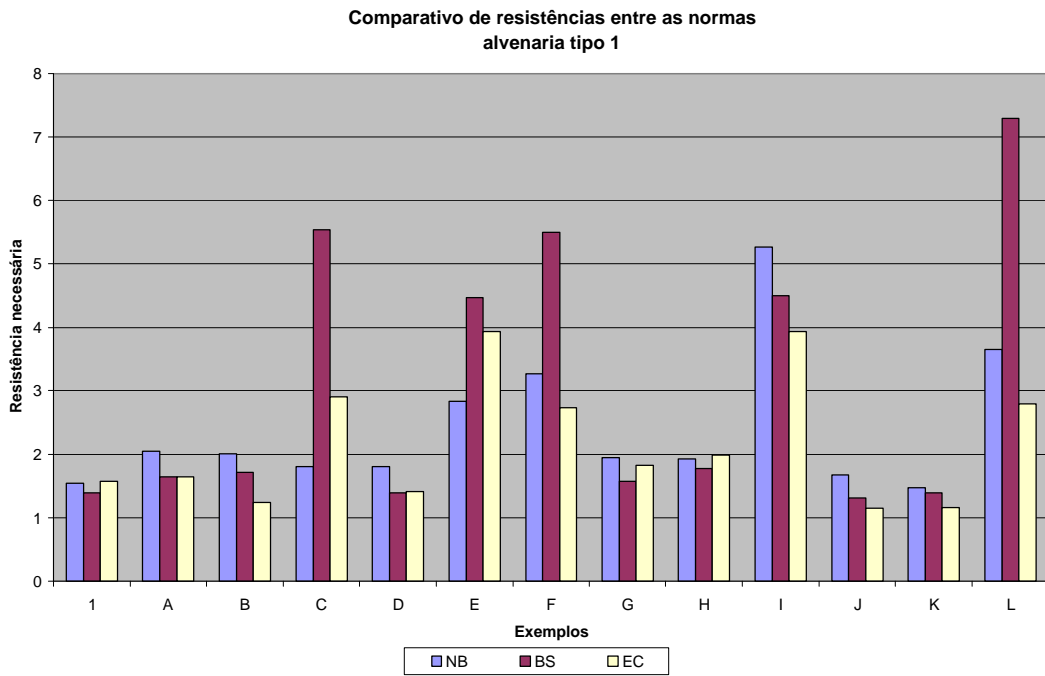


Gráfico 7.1 – Comparativo de resistências necessárias entre normas – alvenaria tipo 1

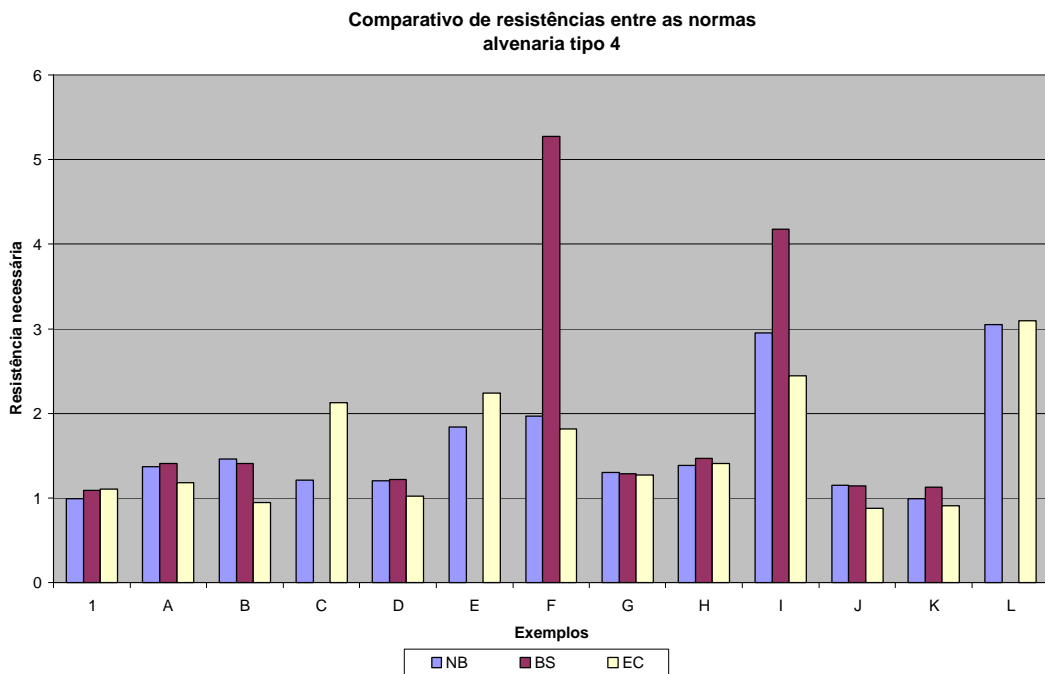


Gráfico 7.2 – Comparativo de resistências necessárias entre normas – alvenaria tipo 4

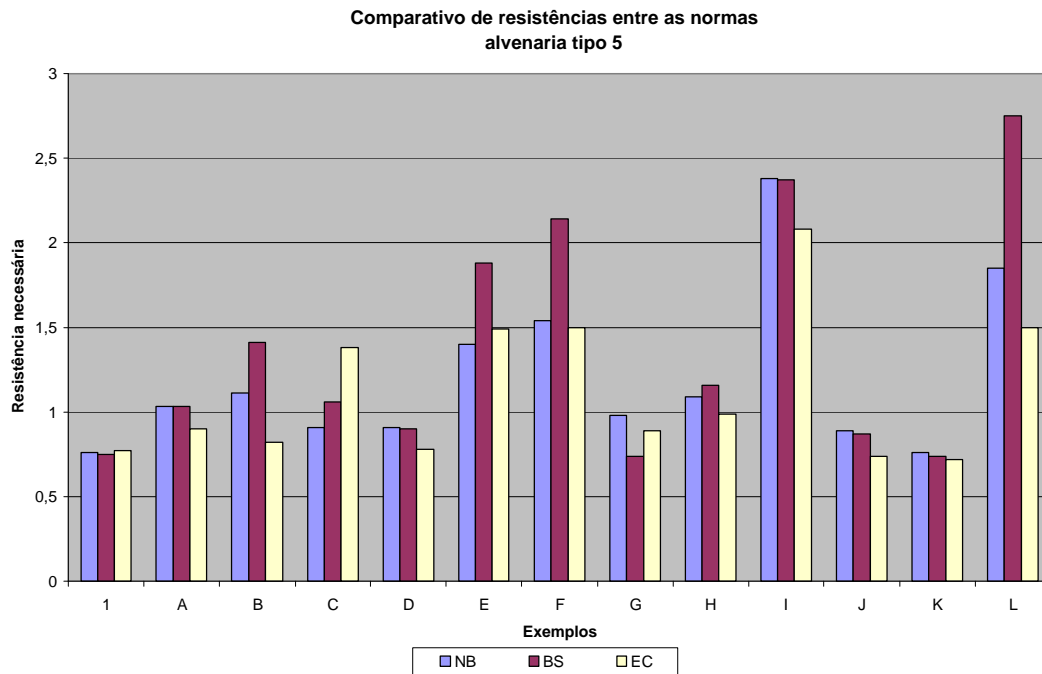


Gráfico 7.3 – Comparativo de resistências necessárias entre normas – alvenaria tipo 5

7.3 Análise por grupos isolados – 1 pavimento

A não consideração de interação entre paredes (método de distribuição por paredes isoladas) é uma hipótese conservadora, assim, considera-se neste item a interação entre as paredes (que minimiza o prejuízo de paredes-pilar quando não isoladas), ainda que se saiba que a interação para edificações térreas possa ser menos efetiva (na verdade, o carregamento proveniente da laje, próximo de 50% da carga total, por ser aplicado no topo, pode ser distribuído entre as paredes vizinhas). Para os casos de dois pavimentos, esta hipótese já foi considerada no caso do pavimento inferior, razão pela qual ela não é apresentada novamente.

Para facilitar a interpretação e a comparação dos resultados, na Tabela 7.2 apresenta-se o resultado do dimensionamento para todos os exemplos, considerando apenas as alvenarias tipo 1, identificando as três paredes mais solicitadas para cada um. A análise pode ser extrapolada para os outros casos.

Tabela 7.2 – Dimensionamento por grupos isolados – alvenaria tipo 1

Exemplo	Resistência Necessária					
	NB		BS		EC	
	PAR	f_p	PAR	f_{alv}	PAR	f_{alv}
	(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	6	1,54	6	1,36	6	1,43
	G(4,9); G(1,11,13)	1,10	11	1,35	11	1,40
	G(5,8,12)	1,08	10	1,12	10,12	1,18
A	7	2,05	7	1,65	7	1,65
	G(6,9,12)	1,21	9	1,21	10	1,20
	G(3,15)	1,19	10	1,12	12	1,02
B	12	1,61	7	1,40	12	1,24
	G(7,11)	1,36	12	1,21	11	1,11
	G(6,10)	1,21	11	1,08	10	1,03
C	10	1,44	3	5,26	2	2,40
	G(5,7,12)	1,26	2	1,95	1	1,47
	G(1,11)	1,24	1	1,22	10	1,21
D	9	4,49	9	7,55	9	6,52
	14	1,44	14	1,17	14	1,22
	G(1,15)	1,24	8	1,14	1	1,21
E	16	2,83	16	4,47	16	3,94
	15	2,81	15	4,07	14	2,24
	14	2,25	17	3,58	15	1,55
F	10	2,81	6	3,62	10	2,74
	G(3,17)	1,72	10	2,68	3	2,07
	8	1,37	3	2,58	6	1,61
G	11	1,65	15	1,44	15	1,93
	14	1,36	11	1,31	11	1,32
	G(7,9,15)	1,33	14	1,29	7	1,18
H	20	4,49	20	4,66	20	4,79
	16	2,17	21	1,88	21	2,20
	13	2,01	13	1,69	13	1,74
I	18	3,42	39	4,03	1	2,92
	39	2,81	18	3,64	18	2,57
	G(1,26)	2,68	1	3,34	32	2,21
J^(*)	G(102,109)	1,10	102	1,05	103	0,99
	G(101,103, 104,106,107)	0,99	101	1,00	108	0,93
	G(105,108,110)	0,89	104	0,93	102	0,92
K^(*)	103,105,108,111	0,70	103,105, 108,111	0,69	105,108	0,60
	G(102,118); G(110,117)	0,57	116	0,59	103,111	0,58
	G(106,113,115)	0,53	G(102,118) G(110,117)	0,56	116	0,57
L^(*)	131	2,54	103	4,61	131	2,79
	104	1,47	104	3,99	103	2,00
	106	1,42	131	3,36	126	1,98

* Dimensionamento do pavimento superior

Observa-se que paredes pertencentes ao mesmo grupo podem apresentar valores de resistência necessária diferentes (diferenças na excentricidade e condições de travamento; consideração como pilares, entre outros motivos).

A partir dos dados desta tabela, observa-se que os valores máximos diminuíram. Destacam-se a seguir os casos em que a resistência necessária resultou maior que 3,0 MPa (valor hipotético de referência que seria razoável para a resistência da alvenaria de tijolos maciços, conforme resultado experimental).

Nos exemplos 1, A, B, G, J e K não há nenhuma parede com resistência necessária acima de 3,0 MPa.

No exemplo C, apenas a parede PAR 3, pela BS, resultou em resistência de 5,26 MPa. Apesar da consideração da interação, o valor diminuiu muito pouco (era 5,54 MPa), porque a parede vizinha (PAR 15 – ver apêndice) apresenta carregamento próximo. No entanto, a parede PAR 3 é descartável, podendo ser eliminada sem prejuízo estrutural significativo (o seu carregamento seria absorvido pela parede PAR 15, que tem condições muito mais favoráveis). Ou seja, a formulação da BS a penaliza em demasia, talvez indevidamente.

No exemplo D, apenas a parede PAR 9 (isolada) ainda apresenta valores acima da referência. Esta parede já foi analisada e deve ser descartada (a inconveniência é muito clara).

No exemplo E, as paredes PAR 15, PAR 16 e PAR 17, permaneceram com valores elevados. São paredes de uma fachada com inúmeras aberturas, caso de inadequação também já analisado.

No exemplo F, apenas a parede PAR 6 ainda permanece com valor maior, igual a 3,62 MPa pela BS (5,50 MPa por paredes isoladas). Também este caso já foi analisado: trata-se de uma parede sem importância, descartável, de pequena extensão, junto a uma abertura, cujo carregamento pode ser absorvido pela parede PAR 14.

No exemplo H, apenas a parede PAR 20, isolada, que funciona como um pilar de garagem, persiste com valores elevados (da ordem de 4,5 MPa).

No exemplo I, todos os casos que permanecem com valores acima da referência já foram analisados (todas com valores abaixo de 4,0 MPa). A parede PAR 18 é isolada, entre dois grandes caixilhos e com grande área de laje. A parede PAR 39 é descartável, restando apenas a parede PAR 1, com resistência necessária de 3,34 MPa pela BS (o valor anterior era 4,5 MPa).

E, finalmente, no exemplo L, todos os casos também já foram comentados. A parede PAR 131 é isolada, está entre dois grandes caixilhos e recebe grande carga de laje. As paredes PAR 103 e PAR 104 são descartáveis (região de espaletas de portas).

Ou seja, excetuando-se as paredes isoladas localizadas entre duas grandes aberturas e submetidas à significativa carga de laje, e as paredes muito pequenas, junto às aberturas (dispensáveis), o caso mais crítico de resistência necessária para um pavimento é de 3,34 MPa (parede PAR 1, Exemplo I), considerando as três normas.

7.4 Síntese final - EC

Mantendo-se a tendência de afunilamento das simulações para facilitar uma análise mais conclusiva dos resultados, consideram-se neste item apenas os valores obtidos pelo EC, para referência. É a norma que contempla com maior propriedade a tipo de obra estudado. Além disso, a consideração do travamento lateral das paredes pelo EC beneficia as paredes pequenas ligadas a outras paredes; desta forma, nestes casos, se ameniza o conservadorismo da hipótese de paredes isoladas, fato que não ocorre com a BS.

Na Tabela 7.3 e no Gráfico 7.4 apresenta-se as resistências necessárias correspondentes às paredes das edificações térreas e dos pavimentos superiores dos sobrados. Elas correspondem ao maior valor da resistência necessária obtido para cada exemplo, utilizando a norma EC, com interação por **paredes isoladas**.

Nestas tabelas foram excluídos os valores dos dois casos claramente discrepantes, como já comentado, que necessitariam de uma intervenção no projeto, onde as paredes (pequenos trechos isolados) deveriam ser substituídas por pilares de concreto armado, ou simplesmente eliminadas: paredes PAR 9 do Exemplo D e PAR 20 do Exemplo H.

Novamente adotando-se a alvenaria 1 como referência, observa-se que os únicos valores acima de 3,0 MPa ocorreram nos exemplos E e I, da ordem de 4,0 MPa. O valor médio (referido à parede mais solicitada de cada exemplo) é igual a 2,17 MPa.

No caso do exemplo I, a análise desta parede por grupo resultou num valor abaixo de 3,0 MPa.

No Exemplo E a parede PAR 16 é isolada, entre dois grandes caixilhos. Por ser isolada, não se pode considerar a interação com paredes vizinhas. Esta parece ser uma situação de grande relevância na concepção dos projetos. Talvez a obtenção de um valor limite para a área de laje sobre a parede nestes casos seja uma importante diretriz (representada, por exemplo, pela relação entre a área da laje que se apóia na parede e a sua extensão).

Tabela 7.3 – Resumo das resistências necessárias pelo EC – 1 pavimento

Exemplo	tipo de alvenaria									
	1		2		3		4		5	
	tj maciço (10 cm)		bl. 9x19x19 (9 cm)		bl. 9x19x19 (19 cm)		bl. 11,5x14x24 (11,5 cm)		bl. 11,5x14x24 (14 cm)	
	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR
1	1,44	11	1,94	10	0,56	6	1,11	11	0,77	11
A	1,65	7	1,89	7	0,67	7	1,18	7	0,90	7
B	1,24	12	1,36	12	0,66	7	0,95	7	0,82	7
C	2,90	2	3,43	2	0,95	2	2,13	2	1,38	2
D	1,41	6	1,64	6	0,59	6	1,02	6	0,78	6
E	3,94	16	4,63	16	0,95	16	2,24	16	1,49	16
F	2,74	10	2,97	10	1,14	3	1,82	10	1,50	3
G	1,83	15	2,30	15	0,57	14	1,27	11	0,89	15
H	1,99	21	2,34	21	0,73	12	1,41	12	0,99	12
I	3,94	1	3,99	1	1,75	1	2,44	1	2,08	1
J	1,15	102	1,21	102	0,59	102	0,88	102	0,74	102
K	1,16	105, 108, 116	1,42	105, 108	0,51	116	0,91	116	0,72	116
L	2,79	131	3,36	131	1,13	103	2,03	131	1,50	131
Média	2,17		2,50		0,83		1,49		1,12	

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA NECESSÁRIA (EC) - 1 PAVIMENTO

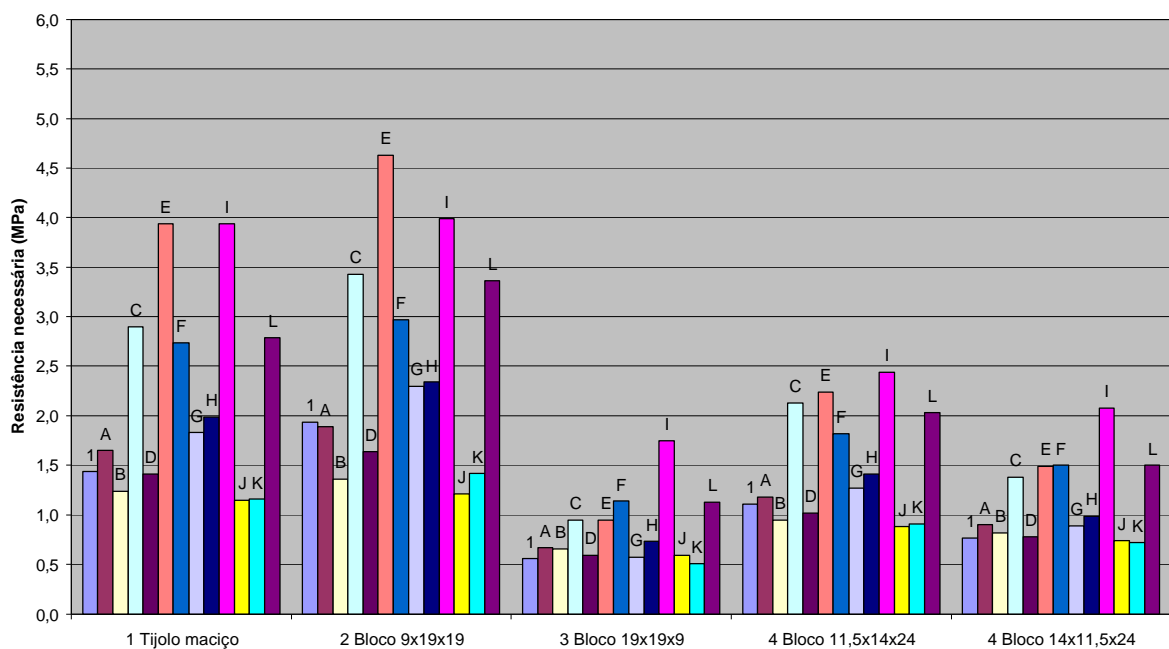


Gráfico 7.4 – Resistência necessária – 1 pavimento, EC, paredes isoladas

Na parede PAR 16 do Exemplo E, o carregamento da laje sobre a parede (5,8 kN) representa 58% do carregamento total, equivalente a uma área de laje de 1,67 m² (ou 5,57 m²/m - metro quadrado de laje por metro linear de parede). Limitando-se hipoteticamente a resistência máxima em 3,0 MPa, calculada pelo EC, para o mesmo carregamento seria necessário aumentar o comprimento desta parede para 41cm, ao invés do valor inicial de 30 cm. Ou, mantendo-se o comprimento da parede em 30 cm, o valor máximo da área de laje sobre ela seria de 3,90 m² por metro linear de parede.

A Tabela 7.4 e o Gráfico 7.5 apresentam os mesmos resultados para as paredes do pavimento inferior dos exemplos assobradados, nestes casos considerando interação por **grupos isolados**.

Tabela 7.4 – Resumo das resistências necessárias pelo EC – 2 pavimentos

Exemplo	tipo de alvenaria									
	1 tj maciço (10 cm)		2 bl. 9x19x19 (9 cm)		3 bl. 9x19x19 (19 cm)		4 bl. 11,5x14x24 (11,5 cm)		5 bl. 11,5x14x24 (14 cm)	
	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR
J	4,09	1	4,73	1	1,67	2	2,75	1	2,12	2
K	4,37	2,10	4,98	2,10	1,52	2,10	2,96	2,10	2,21	2,10
L	5,02	30	5,81	30	2,02	30	3,51	30	2,58	30
Média	4,49		5,17		1,74		3,07		2,30	

Para os casos de dois pavimentos, os valores máximos se encontram entre 4,0 e 5,0 MPa, para alvenaria tipo 1. Novamente, todos os casos críticos se referem a paredes isoladas, entre dois grandes caixilhos e com grande carga de laje, em situações já analisadas. Se estes casos fossem revistos, a segunda parede mais solicitada para estes exemplos teria resistência necessária bem menor, de 3,58 MPa, 3,56 MPa e 3,20 MPa, para os exemplos J, K e L, respectivamente.

Ou seja, a maior resistência necessária corresponde a poucas paredes da edificação, normalmente isoladas. Ajustes nas características destas paredes ou na própria concepção da estrutura podem otimizar o projeto. No entanto, considerando-se que no tipo de obra estudado normalmente não se faz dimensionamento, as paredes que exigem maior resistência necessária não são identificadas e, portanto, nenhum ajuste é realizado. Daí a importância de se estabelecer diretrizes.

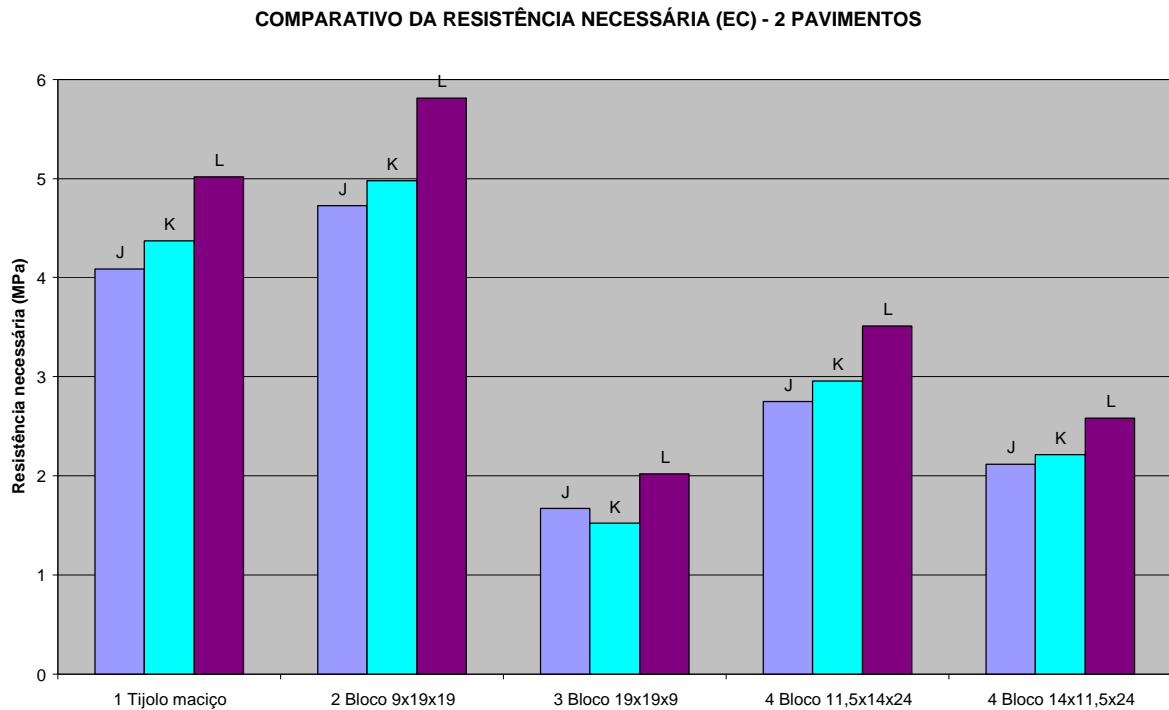


Gráfico 7.5 – Comparativo da resistência necessária – 2 pavimentos

Na parede PAR 1 do Exemplo J, o carregamento da laje sobre a parede (19,3 kN) representa 32% do carregamento total sobre ela (quase igual ao carregamento do pavimento superior sobre a parede - 18,9 kN), equivalente a uma área de laje de 3,50 m² (ou 4,01 m²/m - metro quadrado de laje por metro linear de parede). Limitando-se hipoteticamente a resistência máxima em 3,0 MPa, calculada pelo EC, para o mesmo carregamento seria necessário aumentar o comprimento desta parede para 150 cm, ao invés do valor inicial de 87 cm. Ou, mantendo-se o comprimento da parede original, o valor máximo da área de laje seria de 1,36 m² por metro linear de parede, mantendo-se o pavimento superior inalterado. Este valor é menor que a metade do obtido para a parede PAR 16 do Exemplo E, de 1 pavimento (3,90 m²/m). Isto ocorreu devido ao carregamento adicional do pavimento superior (valor próximo ao carregamento da laje).

Nas paredes PAR 2 e PAR 10 do Exemplo K, o carregamento da laje sobre a parede (25,8 kN) equivale a uma área de laje de 4,70 m² (ou 2,98 m²/m - metro quadrado de laje por metro linear de parede). Repetindo-se o raciocínio anterior, seria necessário aumentar o comprimento das paredes para 230 cm, ao invés do valor inicial de 157,5 cm, ou reduzir a

área de laje sobre a parede para $0,37 \text{ m}^2/\text{m}$ de parede. Na parede PAR 30 do Exemplo L, o carregamento da laje é equivalente a $3,91 \text{ m}^2$ de laje ou ($4,34 \text{ m}^2/\text{m}$ - metro quadrado de laje por metro linear de parede). Repetindo-se o raciocínio, seria necessário aumentar o comprimento da parede para 150 cm, ao invés do valor inicial de 90 cm, ou reduzir a área de laje sobre a parede para $0,52 \text{ m}^2/\text{m}$ de parede. Estes dois últimos valores são ainda mais reduzidos que o anterior, pois a carga do pavimento superior é muito elevada (parede sobre laje).

Portanto, para os exemplos de dois pavimentos, a obtenção de um valor de referência máximo para a área da laje sobre uma parede isolada é mais difícil, pois depende do carregamento do pavimento superior (e é comum a descontinuidade das paredes entre um pavimento e outro).

A análise dos gráficos 7.4 e 7.5 mostra que em qualquer situação o emprego de espessuras maiores (alvenarias tipo 3, 4 e 5) resulta em valores de resistência necessária muito menores. À espessura de 11,5 cm, por exemplo, correspondem valores da ordem de 70% dos obtidos para o tijolo maciço de 10 cm.

Adotando uma situação mais favorável, a Tabela 7.5 apresenta o resumo das resistências necessárias pelo EC, considerando a interação entre as paredes (**grupos isolados**) e ajustes de otimização da estrutura, desprezando-se na análise algumas paredes claramente inviáveis, conforme já registrado anteriormente. Assim, foram desconsiderados (além das paredes PAR 9 do exemplo D e PAR 20 do Exemplo H), os valores das paredes isoladas PAR 16 do Exemplo E e PAR 131 do Exemplo L. Registra-se que nestes casos, a utilização de pilares ou vigas em concreto armado podem ser necessárias. O Gráfico 7.6 apresenta o comparativo entre as resistências obtidas para cada exemplo.

Nesta nova simulação, a redução da resistência necessária pode ser verificada pelos valores médios obtidos. Como comparação, para alvenaria tipo 1, a média de 1,86 MPa é 15% menor que a obtida anteriormente (2,17 MPa). Nesta situação, todas as resistências necessárias foram menores que 3,0 MPa.

Tabela 7.5 – Resumo das resistências necessárias – Otimização – 1 pavimento

Exemplo	tipo de alvenaria									
	1		2		3		4		5	
	tj maciço (10 cm)		bl. 9x19x19 (9 cm)		bl. 9x19x19 (19 cm)		bl. 11,5x14x24 (11,5 cm)		bl. 11,5x14x24 (14 cm)	
	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR
1	1,43	6	1,92	10	0,56	6	1,09	11	0,75	11
A	1,65	7	1,89	7	0,67	7	1,18	7	0,87	7
B	1,24	12	1,36	12	0,53	12	0,88	12	0,67	12
C	2,40	2	2,80	2	0,79	2	1,74	2	1,14	2
D	1,22	14	1,41	7	0,48	14	0,84	7	0,62	7
E	2,24	14	2,63	14	0,88	14	1,50	14	1,44	14
F	2,74	10	2,97	10	1,10	10	1,82	10	1,40	3
G	1,93	15	2,45	15	0,56	15	1,35	15	0,94	15
H	2,20	21	2,74	21	0,71	21	1,58	21	1,09	21
I	2,92	1	2,99	1	1,57	1	2,06	18	1,76	1
J	0,99	103	1,06	103	0,42	102	0,70	102	0,56	102
K	1,11	105 108	1,35	105 108	0,47	105 108	0,83	105 108	0,60	105 108
L	2,00	103	2,39	126	1,05	103	1,69	103	1,39	103
Média	1,85		2,15		0,75		1,33		1,02	

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA NECESSÁRIA (EC) - 1 PAVIMENTO - GRUPO ISOLADO

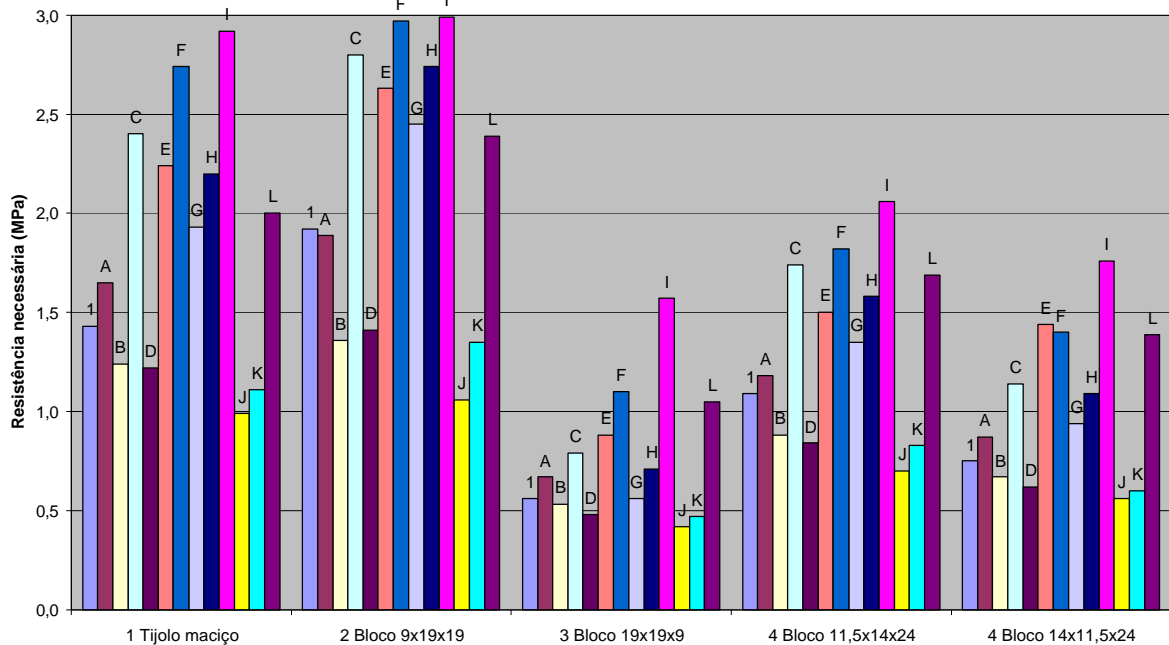


Gráfico 7.6 – Comparativo da resistência necessária – 1 pavimento – grupo isolado

Repetindo-se esta análise para dois pavimentos, na Tabela 7.6 apresenta-se os valores de resistência necessária. Neste caso, foram desconsideradas as paredes PAR 1 do Exemplo J, PAR 2 e PAR 10 do Exemplo K; e PAR 30 do Exemplo L (conforme já analisado – paredes isoladas entre dois grandes caixilhos, com grande área de laje). O Gráfico 7.7 apresenta o resultado comparativo.

Tabela 7.6 – Resumo das resistências necessárias – Otimização – 2 pavimentos

Exemplo	tipo de alvenaria									
	1 tj maciço (10 cm)		2 bl. 9x19x19 (9 cm)		3 bl. 9x19x19 (19 cm)		4 bl. 11,5x14x24 (11,5 cm)		5 bl. 11,5x14x24 (14 cm)	
	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR	(MPa)	PAR
J	3,58	8	3,93	8	1,67	2	2,51	2	2,15	2
K	3,56	15	4,03	15	1,18	5	2,36	15	1,66	15
L	3,20	26	3,57	26	1,63	4	2,40	4	2,04	4
Média	3,45		3,84		1,49		2,42		1,95	

COMPARATIVO DA RESISTÊNCIA NECESSÁRIA (EC) - 2 PAVIMENTOS- GRUPO ISOLADO

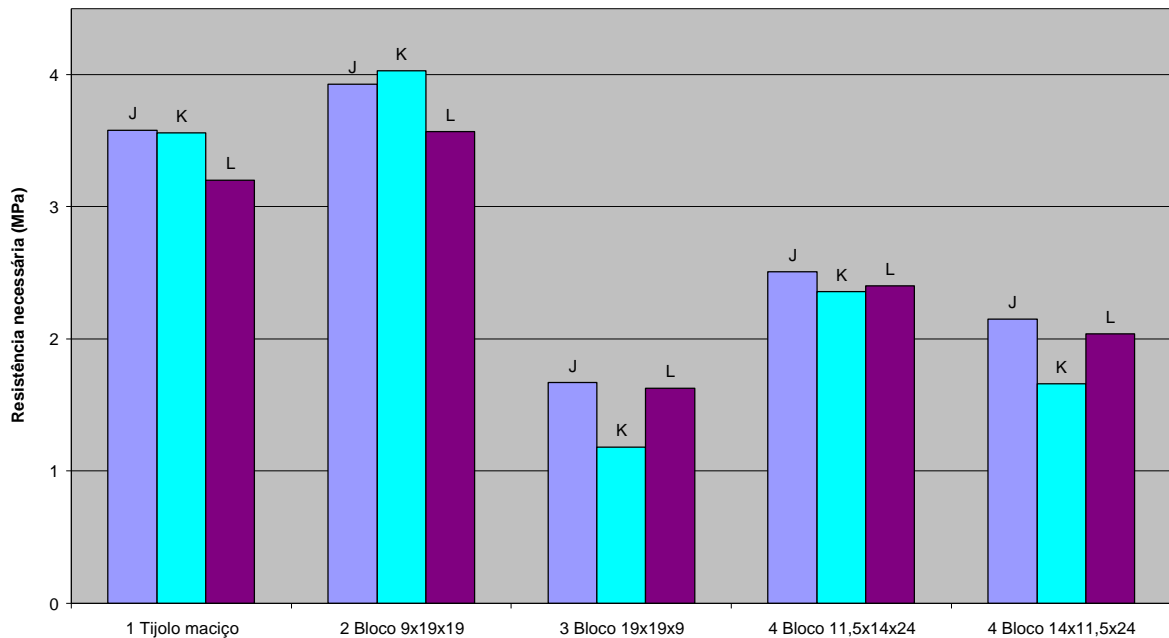


Gráfico 7.7 – Comparativo da resistência necessária – 2 pavimentos – grupo isolado

Nesta situação a redução do valor médio da resistência necessária para a alvenaria tipo 1 foi de 30% (3,33 MPa contra 4,85 MPa). Nos Exemplos J, K e L a resistência

necessária diminuiu 37% (de 5,17MPa para 3,24 MPa), 19% (de 4,37MPa para 3,56 MPa) e 36% (de 5,02MPa para 3,20 MPa), respectivamente. Ou seja, pequenos ajustes em algumas paredes são relevantes.

Outra análise interessante se refere às alvenarias de espessura de 9 cm, 11,5 cm e 14 cm. Apesar de os blocos considerados neste trabalho (utilizados na composição do carregamento) serem blocos com furos horizontais (de resistência muito reduzida, sem potencial de uso como elemento resistente), pode-se extrapolar a discussão tendo como foco os blocos ditos de vedação similares aos empregados em alvenaria estrutural (a despeito de pequenas diferenças decorrentes do peso próprio).

Estes blocos com furos verticais têm desempenho estrutural muito superior, além das outras vantagens que incorporam ao processo construtivo. Praticamente todos os fabricantes possuem blocos de vedação com estas espessuras, com resistência característica próxima de 4,5 MPa (maior que o valor mínimo estabelecido por norma para estes blocos de vedação – 3,0 MPa).

Esta análise (preliminar e prospectiva) pode embasar a possível flexibilização relativamente à espessura e à resistência mínima do bloco para uso nestas edificações. Os **valores médios** da resistência necessária de todos os exemplos para os casos de 1 pavimento são 2,50 MPa, 1,49 MPa e 1,12 MPa, para espessuras de 9 cm, 11,5 cm e 14 cm (Tabela 7.3 – EC, paredes isoladas). Exceto para a espessura de 9 cm, em todos os exemplos o valor máximo da resistência necessária (parede mais solicitada) foi menor que 2,50 MPa.

Para dois pavimentos, os valores médios para as mesmas espessuras foram respectivamente de 5,17 MPa, 3,07 MPa e 2,30 MPa (Tabela 7.4 – EC, grupos isolados). Novamente excetuando-se a espessura de 9 cm, os valores máximos de resistência necessária da parede mais solicitada foi menor que 3,50 MPa.

Assim, blocos com espessura de 14 cm e resistência menor que 4,50 MPa podem atender às solicitações dos exemplos de 1 e 2 pavimentos. Mas esta é uma análise menos importante, já que os fabricantes têm produzido facilmente estes blocos com resistência mínima de 6,0 MPa.

Talvez seja mais relevante se analisar a possibilidade de se empregar espessuras menores que 14 cm. Para o bloco de 11,5 cm, o valor máximo de resistência necessária da parede (de todos os exemplos) foi de 2,5 MPa e 3,5 MPa, para 1 e 2 pavimentos, respectivamente; as médias dos valores máximos foram 1,49 MPa e 3,07 MPa. Considerando que o valor máximo se refere a apenas algumas paredes (com possibilidade

de grauteamento), certamente seria possível empregar estes blocos em diversas situações. A um bloco de 4,50 MPa, corresponde uma resistência da alvenaria de 1,65 MPa (segundo formulação do EC). Com o grauteamento, pode-se atender a praticamente todos os exemplos apresentados, lembrando-se ainda que é possível otimizar os projetos (considerar a interação entre paredes e alguns ajustes na estrutura).

Na Tabela 7.7 (análise de um pavimento) e na Tabela 7.8 (para dois pavimentos) se apresentam dados para se tentar estabelecer uma conexão entre a resistência necessária da alvenaria com o valor da relação entre a área de laje e a extensão das paredes (apesar da análise se referir a valores médios, enquanto os casos críticos são pontuais).

Os valores das colunas referentes a cada tipo de alvenaria foram obtidos dividindo-se a resistência necessária pela área de laje sob influência da parede. Caso esse seja um parâmetro importante, os valores devem ser próximos entre si para espessuras iguais (e devem variar de forma inversa com a espessura da parede).

Tabela 7.7 – Razão entre resistência necessária e área de influência – 1 pavimento

Exem plo	Área da edifica- ção	Compri- mento total das paredes	Área de influên- cia sobre as paredes	Resistência necessária / Área de laje				
				tipo de alvenaria				
				1 tj maciço (10 cm)	2 bl. 9x19x19 (9 cm)	3 bl. 9x19x19 (19 cm)	4 bl. 11,5x14x24 (11,5 cm)	5 bl. 11,5x14x24 (14 cm)
(m ²)	(m)	(m ² /m)						
1	59	36,65	1,62	0,89	1,20	0,35	0,68	0,47
A	63	36,10	1,74	0,95	1,09	0,38	0,68	0,52
B	40	31,35	1,28	0,97	1,07	0,52	0,74	0,64
C	45	29,65	1,51	1,92	2,27	0,63	1,41	0,91
D	67	40,45	1,65	0,85	0,99	0,36	0,62	0,47
E	52	39,55	1,33	2,97	3,49	0,72	1,69	1,12
F	85	59,55	1,43	1,91	2,07	0,80	1,27	1,05
G	60	39,10	1,53	1,20	1,50	0,37	0,83	0,58
H	134	65,70	2,03	0,98	1,15	0,36	0,69	0,49
I	182	86,24	2,11	1,86	1,89	0,83	1,15	0,98
J	40	30,83	1,30	0,89	0,93	0,45	0,68	0,57
K	67	44,10	1,53	0,76	0,93	0,33	0,60	0,47
L	118	66,53	1,78	1,57	1,89	0,63	1,14	0,84

Tabela 7.8 – Razão entre resistência necessária e área de influência – 2 pavimentos

Exemplo	Área da edificação	Comprimento total das paredes	Área de influência sobre as paredes	Resistência necessária / Área de laje				
				tipo de alvenaria				
				1 tj maciço (10 cm)	2 bl. 9x19x19 (9 cm)	3 bl. 9x19x19 (19 cm)	4 bl. 11,5x14x24 (11,5 cm)	5 bl. 11,5x14x24 (14 cm)
	(m ²)	(m)	(m ² /m)					
J	80	25,05	3,19	1,28	1,48	0,52	0,86	0,66
K	135	39,88	3,38	1,29	1,47	0,44	0,76	0,59
L	237	64,75	3,66	1,37	1,59	0,55	0,96	0,71

O Gráfico 7.8 apresenta os pontos e o a linha de tendência para os valores obtidos para a alvenaria tipo 1. O valor médio deste fator se situa próximo a 1,4. Ou seja, na média, para cada m² de área de influência, são necessários 1,4 MPa de resistência.

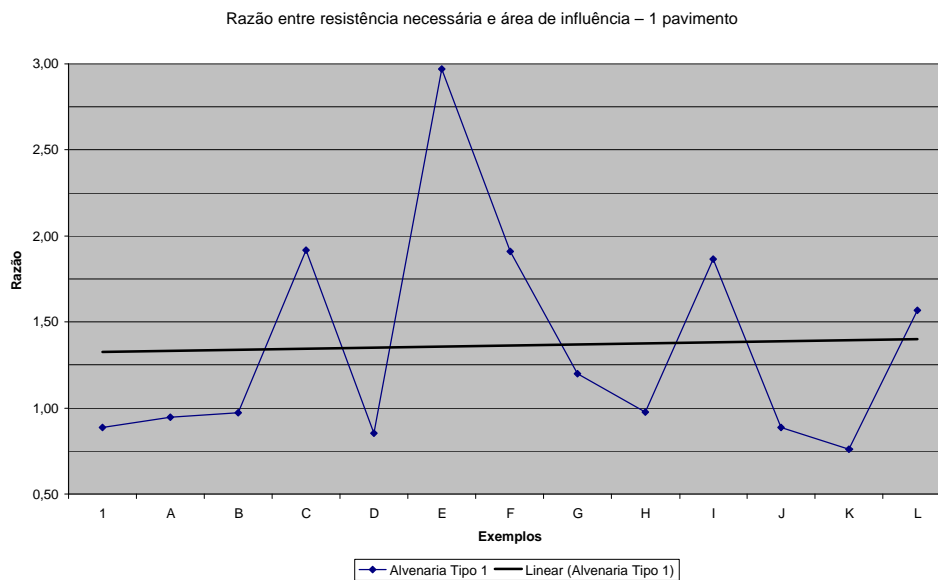


Gráfico 7.8 – Razão entre resistência necessária e área de influência – 1 pavimento

A Tabela 7.9 e o Gráfico 7.9 apresentam a mesma relação com os valores de resistência necessária obtidos com a consideração da interação por grupos isolados e eliminando-se as paredes isoladas já analisadas. Neste caso, os valores se aproximam de 1,2 para a alvenaria tipo 1, ou seja, para cada metro quadrado de área de influência de uma parede, é necessário aproximadamente 1,2 MPa de resistência da alvenaria.

Estes valores são exploratórios e se referem aos exemplos realizados para 1 pavimento. A intenção é fornecer parâmetros para um pré-dimensionamento e verificação

dos pontos críticos de uma determinada arquitetura, a despeito deles se referirem a valores médios.

Tabela 7.9 – Razão entre resistência e área de influência – 1 pavimento otimizado

Exem- plo	Área da edifica- ção	Compri- mento total das paredes	Área de influên- cia sobre as paredes	Resistência necessária / Área de laje				
				tipo de alvenaria				
				1 tj maciço (10 cm)	2 bl. 9x19x19 (9 cm)	3 bl. 9x19x19 (19 cm)	4 bl. 11,5x14x24 (11,5 cm)	5 bl. 11,5x14x24 (14 cm)
(m ²)	(m)	(m ² /m)						
1	59	36,65	1,62	0,88	1,18	0,35	0,67	0,46
A	63	36,10	1,74	0,95	1,09	0,38	0,68	0,50
B	40	31,35	1,28	0,97	1,07	0,42	0,69	0,53
C	45	29,65	1,51	1,59	1,85	0,52	1,15	0,75
D	67	40,45	1,65	0,74	0,85	0,29	0,51	0,38
E	52	39,55	1,33	1,69	1,98	0,66	1,13	1,08
F	85	59,55	1,43	1,91	2,07	0,77	1,27	0,98
G	60	39,10	1,53	1,26	1,60	0,37	0,88	0,61
H	134	65,70	2,03	1,08	1,35	0,35	0,78	0,54
I	182	86,24	2,11	1,38	1,41	0,74	0,97	0,83
J	40	30,83	1,30	0,76	0,82	0,32	0,54	0,43
K	67	44,10	1,53	0,73	0,88	0,31	0,54	0,39
L	118	66,53	1,78	1,12	1,34	0,59	0,95	0,78

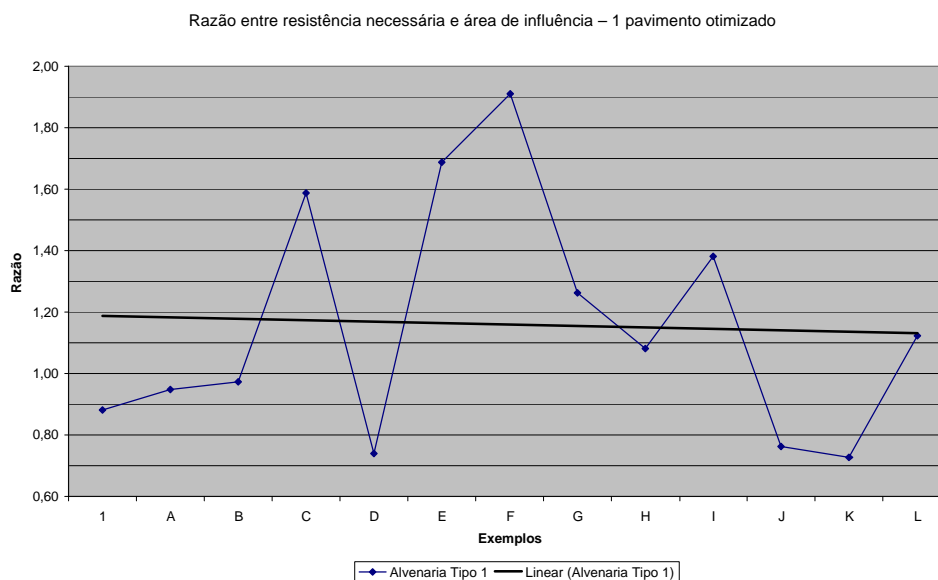


Gráfico 7.9 – Razão entre resistência e área de influência – 1 pavimento otimizado

Apesar da diminuição da amplitude de variação, o parâmetro analisado não se mostrou uma referência interessante, pois não se manteve constante. Isto ocorreu porque as paredes críticas são casos pontuais, que extrapolam muito os valores médios (normalmente paredes isoladas). Talvez esta análise fosse mais profícua se fosse feita separadamente para paredes isoladas e não isoladas.

7.5 Viabilidade das unidades ensaiadas

Com o objetivo de analisar a viabilidade do uso estrutural das unidades ensaiadas no Capítulo 4 com as solicitações (resistência necessária) calculadas nos exemplos, a Tabela 7.10 apresenta um quadro comparativo entre as resistências necessárias encontradas para os exemplos com 1 pavimento (calculadas pelo EC) e a resistência prevista das alvenarias ($f_{alv,previsto}$), conforme resultados de ensaios apresentados na Tabela 4.4. Nesta análise se considerou a interação por paredes isoladas e foram desprezadas apenas a parede PAR 9, Exemplo D, e a PAR 20, Exemplo H, conforme já exposto.

Tabela 7.10 – Comparativo entre resistências necessárias (1 pavimento) e previstas

Exemplo	Tijolos maciços				Blocos cerâmicos					
	1 tj maciço (10 cm)	XXX	ASF	JRT	2 bl. 9x19x19 (9 cm)	9x19x19	4 bl. 11,5x14x 24 (11,5 cm)	11,5x14x 24	5 bl. 11,5x14x 24 (14 cm)	14x11,5x 24
		$f_{alv,previsto}$ (MPa)				$f_{alv,previsto}$ (MPa)	$f_{alv,previsto}$ (MPa)	$f_{alv,previsto}$ (MPa)	$f_{alv,previsto}$ (MPa)	
		2,51	2,06	1,74		0,20	0,62	0,44		
(MPa)				(MPa)		(MPa)		(MPa)		
1	1,44	ok	ok	ok	1,94	***	1,11	***	0,77	***
A	1,65	ok	ok	ok	1,89	***	1,18	***	0,90	***
B	1,24	ok	ok	ok	1,36	***	0,95	***	0,82	***
C	2,90	***	***	***	3,43	***	2,13	***	1,38	***
D	1,41	ok	ok	ok	1,64	***	1,02	***	0,78	***
E	3,94	***	***	***	4,63	***	2,24	***	1,49	***
F	2,74	***	***	***	2,97	***	1,82	***	1,50	***
G	1,83	ok	ok	***	2,30	***	1,27	***	0,89	***
H	1,99	ok	ok	***	2,34	***	1,41	***	0,99	***
I	3,94	***	***	***	3,99	***	2,44	***	2,08	***
J	1,15	ok	ok	ok	1,21	***	0,88	***	0,74	***
K	1,16	ok	ok	ok	1,42	***	0,91	***	0,72	***
L	2,79	***	***	***	3,36	***	2,03	***	1,50	***

*** indica que a unidade ensaiada apresenta resistência menor que a necessária para o exemplo analisado

Observa-se que os tijolos maciços apresentam resistência prevista da alvenaria ($f_{alv,previsto}$) suficiente para atender a mais da metade dos exemplos e os blocos cerâmicos

não atendem a nenhum. Para as unidades 9x19x19 e 14x19x19, nem mesmo a resistência da unidade (f_b) é superior à resistência necessária, demonstrando desta forma a total inviabilidade de uso estrutural destes elementos.

Entretanto, deve-se ponderar que os valores da resistência necessária referem-se à parede mais solicitada de cada exemplo. Para a maioria das paredes os valores são muito menores (próximo da metade do valor máximo). Além disso, nesta tabela as solicitações foram calculadas para distribuição por paredes isoladas (casos de 1 pavimento). Exceto para os casos das paredes realmente isoladas, ocorre interação para boa parte do carregamento, que foi desprezada nos cálculos de forma conservadora. Vários exemplos apresentaram paredes isoladas como as de maior resistência necessária, sendo que, nestes casos, a consideração da interação não reduz a resistência necessária da edificação.

Visualizando uma situação mais favorável, a Tabela 7.11 compara as resistências necessárias obtidas nos exemplos considerando a interação por grupos isolados, com a resistência **média do prisma** ensaiado. Foram desprezadas as paredes PAR 16, Exemplo E, e PAR 131, Exemplo L.

Tabela 7.11 – Comparativo entre resistências necessárias (1 pav. otimizado) e do prisma

Exemplo	Tijolos maciços				Blocos cerâmicos					
	1 tj maciço (10 cm)	XXX	ASF	JRT	2 bl. 9x19x19 (9 cm)	9x19x19	4 bl. 11,5x14x 24 (11,5 cm)	11,5x14x 24	5 bl. 11,5x14x 24 (14 cm)	14x11,5x 24
		$f_{p,ensaio}$ (MPa)				$f_{p,ensaio}$ (MPa)		$f_{p,ensaio}$ (MPa)		$f_{p,ensaio}$ (MPa)
		3,63	3,16	3,15		0,28		0,80		0,57
	(MPa)				(MPa)		(MPa)		(MPa)	
1	1,43	ok	ok	ok	1,92	***	1,09	***	0,75	***
A	1,65	ok	ok	ok	1,89	***	1,18	***	0,87	***
B	1,24	ok	ok	ok	1,36	***	0,88	***	0,67	***
C	2,40	ok	ok	ok	2,80	***	1,74	***	1,14	***
D	1,22	ok	ok	ok	1,41	***	0,84	***	0,62	***
E	2,24	ok	ok	ok	2,63	***	1,50	***	1,44	***
F	2,74	ok	ok	ok	2,97	***	1,82	***	1,40	***
G	1,93	ok	ok	ok	2,45	***	1,35	***	0,94	***
H	2,20	ok	ok	ok	2,74	***	1,58	***	1,09	***
I	2,92	ok	ok	ok	2,99	***	2,06	***	1,76	***
J	0,99	ok	ok	ok	1,06	***	0,70	ok	0,56	ok
K	1,11	ok	ok	ok	1,35	***	0,83	***	0,60	***
L	2,00	ok	ok	ok	2,39	***	1,69	***	1,39	***

*** indica que a unidade ensaiada apresenta resistência menor que a necessária para o exemplo analisado

Ou seja, nesta nova situação (resistência necessária por grupos isolados e a resistência média do prisma) os tijolos maciços atenderiam a todos os casos, enquanto que

para os blocos cerâmicos a situação pouco se altera. Mesmo se fosse adotada a resistência prevista da parede (ao invés do prisma), a unidade de tijolo XXX atenderia a quase todos os casos (exceto os exemplos F e I).

Na Tabela 7.12 repete-se a mesma análise, agora para os exemplos com 2 pavimentos, empregando-se os resultados dos ensaios com a argamassa II (traço 1:1:6 e $f_m=5,70$ MPa). Nenhuma das unidades ensaiadas apresentou resistência prevista da alvenaria compatível (a menor resistência necessária para tijolos maciços foi obtida no Exemplo J, com valor de 4,09 MPa). Considerando a resistência de prisma, o tijolo maciço XXX não atende apenas o Exemplo L.

Tabela 7.12 – Comparativo entre resistências necessárias (2 pavimento) e ensaios

Exemplo	Tijolos maciços – Argamassa II				
	1 tj maciço (10 cm)	XXX	ASF	XXX	ASF
		$f_{alv,previsto}$ (MPa)		$f_{p,ensaio}$ (MPa)	
		3,46	3,34	4,70	3,86
	(MPa)				
J	4,09	***	***	ok	***
K	4,37	***	***	ok	***
L	5,02	***	***	***	***

*** indica que a unidade ensaiada apresenta resistência menor que a necessária para o exemplo analisado

A Tabela 7.13 repete a análise considerando uma otimização no projeto (desprezadas as paredes críticas – isoladas, entre dois caixilhos e com grande área de laje). Neste casos, ambos os tijolos possuem resistência prevista da alvenaria apenas para atender a solicitação do Exemplo L. Considerando a resistência de prisma, ambos atendem aos três exemplos.

Tabela 7.13 – Comparativo entre resistências necessárias (2 pav. otimizado) e ensaios

Exemplo	Tijolos maciços – Argamassa II				
	1 tj maciço (10 cm)	XXX	ASF	XXX	ASF
		$f_{alv,previsto}$ (MPa)		$f_{p,ensaio}$ (MPa)	
		3,46	3,34	4,70	3,86
	(MPa)				
J	3,58	***	***	ok	ok
K	3,56	***	***	ok	ok
L	3,20	ok	ok	ok	ok

*** indica que a unidade ensaiada apresenta resistência menor que a necessária para o exemplo analisado

Assim, os resultados mostraram que o uso do tijolo maciço não pode ser indiscriminado e a inviabilidade do uso estrutural do bloco cerâmico com furos horizontais. Como eles efetivamente são usados, apresenta-se uma última simulação considerando-se a média dos valores máximos de resistência necessária de um pavimento, eliminando-se na formulação do dimensionamento os coeficientes de segurança ($\gamma_f=1,40$ e $\gamma_M=3,0$), obtendo-se assim uma solicitação característica que preserva os fatores de redução devido à excentricidade do carregamento e esbeltez. Calcula-se, para estes casos, a margem de segurança intrínseca a estas alvenarias, supondo ainda que a resistência de prisma reflita a resistência da alvenaria. Os resultados estão na Tabela 7.14.

Tabela 7.14 – Segurança intrínseca das alvenarias executadas com as unidades ensaiadas

Unidade de alvenaria	Resistência necessária (média dos exemplos)	Resistência necessária sem os coeficientes de segurança ($f_{\text{característica}}$)	Resistência de Prisma ($f_{p,\text{ensaio}}$)	$\frac{f_{p,\text{ensaio}}}{f_{\text{característico}}}$
	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Tijolo maciço XXX	1,86	0,44	3,63	8,25
Tijolo maciço ASF			3,16	7,18
Tijolo maciço JRT			3,15	7,16
Bloco cerâmico 9x19x19	2,15	0,51	0,28	0,55
Bloco cerâmico 14x19x19	1,02	0,24	0,15	0,62
Bloco cerâmico 11,5x14x24	1,33	0,32	0,80	2,50
Bloco cerâmico 14x11,5x24	1,02	0,24	0,57	2,37

Para os tijolos, sempre existe uma margem de segurança, mesmo considerando-se todas as inadequações apontadas no projeto. Caso o projeto seja otimizado, a margem de segurança se aproxima da estabelecida pelas normas de alvenaria estrutural em praticamente todos os casos.

Para os blocos cerâmicos 9x19x19 e 14x19x19, as solicitações são maiores que a resistência da parede. Isto mostra a total inadequação deste componente. A parede mais solicitada obrigatoriamente deve transferir carregamento para outros elementos resistentes (outras paredes vizinhas ou eventuais pilaretes de concreto) para não haver ruína.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso empírico da alvenaria como elemento resistente divide o meio técnico. Entre os que têm opinião contrária, os motivos são diversos: falta de informações e estudos, uso de elementos típicos de vedação para fins estruturais e, principalmente, inexistência de respaldo em normas técnicas correlatas. A norma de alvenaria estrutural seria a mais adequada para tratar destes casos, mas há uma lacuna relativamente às pequenas construções.

Desta forma, o ambiente acadêmico e científico normalmente ignora o grande número de obras executadas com esta técnica tradicional, considerando-as como um nicho marginal da atuação do engenheiro civil ou um retrocesso no campo do conhecimento e da tecnologia atual. De fato, quando comparada com a alvenaria estrutural, observam-se algumas defasagens importantes (principalmente relativas à racionalização e segurança).

A despeito disso, à margem do aspecto estrutural, outros trabalhos com enfoques diversos reconhecem a sua importância. Como exemplo, Barbosa e Lamberts (2002), no estudo de avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares de Londrina-PR, realizaram levantamento para caracterização de um sistema construtivo representativo da habitação popular brasileira em 27 Companhias de Habitação Popular (COHAB). Ele pode ser descrito com as seguintes características: paredes em alvenaria de tijolos cerâmicos com espessura acabada média de 11 cm (incluindo emboço e reboco); lajes pré moldadas (região Sudeste e Sul), cobertura em telha cerâmica vermelha sobre estrutura de madeira e área média de construção de 34 m². Este tipo de construção foi denominado sistema construtivo referencial ou casa *COHAB padrão*.

Num outro grupo, minoritário entre a comunidade científica, mas relevante no mercado, estão os profissionais que se baseiam em observações empíricas (fruto de experiências anteriores) para utilizar esta técnica construtiva. Mesmo sem saber ao certo a capacidade resistente das paredes e nem mesmo a solicitação nelas atuante, fiam-se no argumento (para alguns, irrefutável) de que a existência de vários exemplos de edificações, em uso normal, sem graves patologias e estáveis do ponto de vista estrutural, seria suficiente, guardadas as similaridades. Outros, ainda, agem de forma irresponsável, usando a técnica de forma indiscriminada.

No Brasil, a alvenaria estrutural se concentrou inicialmente nos blocos de concreto, de onde decorreu um processo de normalização específico para este material. O bloco cerâmico começou a ser usado posteriormente, mas o uso ainda não está normalizado; o

que certamente dificulta o seu desenvolvimento, a despeito da sua intensa utilização em prédios mais baixos. Em função das inúmeras semelhanças entre o processo construtivo aqui estudado (alvenaria resistente) e a alvenaria estrutural, nota-se uma preocupação, natural e pertinente, de não se associar a alvenaria estrutural a estes casos.

A consolidação de um sistema construtivo é um processo lento. Problemas decorrentes do mau uso da técnica podem comprometer, às vezes de forma irreversível, a sua aceitação. Neste sentido, parece coerente a postura dos profissionais ligados ao setor da alvenaria estrutural responsáveis pela sua disseminação e consolidação, notadamente aqueles vinculados à pesquisa: enfatizar de forma clara as suas características, o cálculo racional e todo o embasamento teórico a ela associada; dissociá-la, de forma muito explícita, dos casos (absolutamente inadequados) de uso de unidades de vedação (entre outros abusos) verificados em edifícios de vários pavimentos ainda que destinados para a classe mais pobre (alguns dos quais sofreram graves acidentes).

De tal sorte que ela pudesse ser considerada, assim como o concreto armado, uma solução racional, com segurança definida. Dessa forma, a alvenaria estrutural encontrou um nicho importante no mercado, especialmente em edifícios residenciais de múltiplos pavimentos destinados à classe média e baixa.

No entanto, a análise estrita sob esta ótica, ainda que justificada, resultou numa lacuna para as edificações de pequeno porte (até dois pavimentos), que são tratadas da mesma forma que os edifícios de múltiplos pavimentos. É nesse contexto que se inseriu este trabalho. De estudar este setor, sob a ótica da alvenaria estrutural, de forma científica e sem preconceitos.

Na alvenaria estrutural se utilizam métodos racionais de dimensionamento e execução, com projetos elaborados por profissionais especializados, estudo de interfaces, planejamento, mão de obra treinada, controle tecnológico, entre outros; na alvenaria resistente empregam-se técnicas tradicionais, sem cálculo racional ou mecanismos de controle, baseada basicamente na experiência acumulada.

Este trabalho apresentou vários aspectos importantes do ponto de vista estrutural para a execução e dimensionamento das alvenarias resistentes. O objetivo principal foi incentivar a discussão sobre o assunto, trazê-lo à vista da comunidade científica e dos profissionais mais esclarecidos. O momento parece propício, visto que a norma de alvenaria estrutural está em processo de revisão. Seria o caso de englobar outras unidades de alvenaria além do bloco de concreto, com algumas flexibilizações para as pequenas construções?

8.1 Sobre a literatura disponível

Muitos estudos têm sido realizados para a alvenaria estrutural. Entre eles, citam-se alguns temas que possuem uma interface com o tema deste trabalho. Os que tratam da influência dos diversos parâmetros no valor da resistência à compressão da alvenaria (espessura da junta; revestimento da parede; reforços; tipo e geometria das unidades); da distribuição dos carregamentos e da resistência das ligações (interação entre alvenarias); e de estudos comparativos entre a norma brasileira e as internacionais, principalmente a britânica e a da comunidade européia (no contexto da iminente mudança da abordagem por parte da norma brasileira que passa a utilizar o método dos estados limites).

Especificamente sobre a alvenaria resistente, são poucos os trabalhos realizados, embora muitos estudos sobre a alvenaria estrutural possam ser aproveitados. Eles se concentram na caracterização dos materiais utilizados e na verificação da resistência à compressão das unidades, prismas e, em menor número, das alvenarias. Sobre o sistema construtivo e o dimensionamento, praticamente inexistem referências.

8.2 Sobre normas de projeto

No Brasil existe uma norma de projeto para dimensionamento da alvenaria estrutural específica para blocos de concreto, em processo de revisão. A norma britânica, bastante difundida no Brasil principalmente para o projeto de alvenarias com bloco cerâmico estrutural, contempla outros tipos de unidades (cerâmico, sílico calcáreo, entre outros). A norma da comunidade européia, por abranger as peculiaridades de vários países, é ainda mais completa (contempla inclusive o bloco cerâmico vazado com furos na horizontal).

A Tabela 8.1 apresenta, resumidamente, as principais diferenças entre as três normas estudadas.

A ausência de normalização para ensaio de prisma de tijolos e blocos de vedação (especificamente quanto ao número de unidades sobrepostas) dificulta a comparação e generalização dos resultados. Atualmente, a norma brasileira de alvenaria estrutural define o ensaio de prisma com duas unidades sobrepostas como parâmetro de controle de resistência e especificação em projeto. Internacionalmente, a especificação de projeto se refere à resistência da parede, cujo ensaio difere do ensaio de prisma brasileiro pela quantidade de unidades sobrepostas, largura e altura do corpo de prova. Faltam dados para a correlação da resistência da unidade ou do prisma (ensaio mais acessível) com a resistência da alvenaria, caso seja necessário usar uma destas normas.

A norma européia (EC) e a norma britânica são adequadas para se estudar as edificações deste trabalho, pois suas exigências relativamente ao tipo de material da

unidade e à esbeltez da parede não são preliminarmente infringidas. Nestes casos, os ensaios de unidade, prisma e alvenaria são necessários para a verificação da resistência calculada destas alvenarias. Outros estudos poderão definir os valores dos coeficientes de segurança (principalmente para materiais) mais convenientes para a nossa realidade. Neste trabalho, adotou-se o maior valor fornecido por estas normas nas diversas simulações efetuadas.

Tabela 8.1 – Principais diferenças entre as normas

Item		NB	BS	EC
Dimensionamento		Tensões admissíveis	Estados limites	Estados limites
Unidade de alvenaria		Bloco de concreto	Tijolos e blocos maciços ou vazados, cerâmicos, de concreto, sílico calcáreo, pedra natural ou fabricada.	Tijolos e blocos maciços ou vazados (inclusive com furos na horizontal), cerâmicos, de concreto, sílico calcáreo, pedra natural ou fabricada.
Espessura mínima da parede		14 cm	7,5 cm	-
Coeficientes de segurança	esforços	Único: 5 a 5,6	0,9 a 1,6	1,0 a 1,5
	material		2,5 a 3,5	1,5 a 3,0
Altura efetiva		1 ou 2 vezes a H_{real} Não contempla travamentos na parede	0,75, 1,0 ou 2,0 vezes a H_{real} contempla travamentos no topo da parede	0,3 (ou menos) a 1,0 H_{real} contempla travamentos no topo e laterais da parede
Esbeltez limite		20	27 20 se $t < 9$ cm e 2 pavimentos	27
Excentricidade	carregamento	A excentricidade é considerada indiretamente através da verificação da seção fissurada do bloco quando submetido à flexão	Calculada conforme o momento atuante ou simplificada através da consideração da aplicação excêntrica do carregamento da laje sobre a parede	Calculada conforme o momento atuante
	acidental		Variável de zero no topo e base até o valor máximo no meio do vão da parede	Constante ao longo de toda a parede
Fator de redução da esbeltez		Fórmula, sem considerar excentricidade	Fórmula ou tabela. Ambos em função da esbeltez e excentricidade	Fórmula ou tabela. Ambos em função da esbeltez e excentricidade
Resistência de referência		Resistência média do prisma	Resistência característica da alvenaria	Resistência característica da alvenaria

8.3 Sobre a distribuição do carregamento

Quanto mais distribuído é o carregamento sobre as paredes de uma edificação, mais uniforme é a solicitação sobre elas e, conseqüentemente, menor a resistência necessária. No tipo de obra estudado, o principal carregamento (além do peso próprio) origina-se da laje, predominantemente pré-moldada unidirecional. Esta laje não favorece a melhor distribuição do carregamento para as paredes (embora normalmente se recomende considerar uma parcela de carga para as paredes paralelas aos trilhos).

Neste trabalho foram estudados três métodos de interação entre paredes: paredes isoladas, grupos isolados e distribuição a 45°. Para edificações com apenas um pavimento (predominância no tipo de obra estudado) a altura limitada não favorece a completa interação. A utilização do método de paredes isoladas, ainda que seja uma hipótese conservadora (pois uma parcela da carga da laje poderia ser distribuída), parece ser mais indicada nestes casos. A consideração da distribuição a 45° é mais consistente do que a distribuição por grupos isolados, especialmente para poucos pavimentos, mas é muito mais trabalhosa.

Considerando-se que nos exemplos apresentados as paredes com maior solicitação foram, quase sempre, paredes isoladas limitadas por dois grandes caixilhos e com grande carga de laje, a interação entre paredes pouco ou nada alterou esta situação. Caso a condição crítica destas paredes seja evitada, a consideração da interação ganha maior relevância. Este fato também sugere que se deve dedicar mais atenção à concepção estrutural, quando do posicionamento dos caixilhos, do apoio das lajes e da própria disposição arquitetônica das paredes.

Considerando finalmente que aproximadamente metade do carregamento existente é devido ao peso próprio das paredes, as diferenças na utilização ou não dos métodos de interação efetivamente se relacionam à metade da carga total. Ou seja, a situação mais próxima da realidade é intermediária aos casos de paredes isoladas e grupos isolados.

8.4 Sobre paredes extensas

No Brasil, é usual a nomeação das paredes estruturais em função apenas dos trechos limitados por caixilhos ou mudança de direção. Assim, as paredes ficam submetidas a carregamentos diferentes ao longo de sua extensão, especialmente aquelas de maior comprimento.

Para edificações de um ou dois pavimentos, as diferenças no carregamento aplicado no topo entre os trechos de uma parede podem ser relevantes. A nomeação das paredes considerando as diferenças de carregamento (normalmente devido à laje) e a intersecção com outras paredes (divisão em trechos) pode ser uma alternativa interessante. Nestes casos, se elimina a inadequação de se considerar distribuição de cargas em extensões muito grandes (em grupos com paredes muito diferentes). Seria um modelo mais próximo da realidade, mas que se torna ainda mais conservador caso se considere a hipótese de paredes isoladas.

Pelo EC, a extensão das paredes influencia o cálculo da altura efetiva (conseqüentemente, na esbeltez e resistência). Neste trabalho, a verificação das paredes

sem a divisão em trechos resultou em resistência necessária menor do que a verificação dos vários trechos desta parede, pela NB e BS – normalmente o trecho de menor extensão apresentou maior resistência necessária. Pelo EC, os resultados foram variáveis, ora maiores na parede, ora em um dos trechos.

No caso da hipótese de carregamento por grupos isolados, a divisão de paredes extensas em trechos é indiferente. No caso da hipótese de paredes isoladas, a influência é direta, penalizando em demasia o dimensionamento da parede. Na distribuição a 45°, a situação é intermediária a estes dois casos. Concluiu-se que esta divisão é um refinamento discutível do cálculo, contrário à própria idéia de simplificação e distribuição da carga entre as paredes vizinhas.

8.5 Sobre projetos de alvenaria

A execução do projeto estrutural com o dimensionamento das alvenarias possibilita a identificação antecipada das paredes críticas, viabilizando ajustes na arquitetura e nas características das paredes. Além disso, regras simples obtidas a partir de acúmulo de resultados obtidos em simulações similares às realizadas neste trabalho podem fornecer diretrizes e valores de referência (limites de espessura, esbeltez, vão máximo de lajes, tipo de unidade, etc.), para os quais a alternativa seria viável. A normalização de procedimentos específicos para edificações de pequeno porte seria interessante e poderia tirar da marginalidade este setor. Lembra-se que o Brasil apresenta uma realidade econômica desfavorável e a carência habitacional é grande.

É importante que os profissionais e proprietários envolvidos nestas edificações sejam conscientizados da necessidade de uma maior exigência dos materiais e mão de obra, o que seria possível através da correta especificação e controle.

Quanto maior a quantidade de paredes menor a solicitação em cada uma. Isto deve ser contemplado no projeto de arquitetura. Além disso, quando possível, devem ser evitadas paredes isoladas, paredes desalinhadas entre os pavimentos, paredes muito extensas sem travamento, entre outros detalhes.

As características das paredes (espessura, altura, comprimento, travamento no topo e lateral) são determinantes no dimensionamento das alvenarias. A esbeltez é um dos fatores mais impactantes. Para valores mínimos de excentricidade e índice de esbeltez igual a 20, as normas indicam fatores de redução de 12,5%, 30% e 37%, respectivamente para a NB, BS e EC. A utilização de paredes com esbeltez de 27 é permitida somente pelas normas estrangeiras; mas a resistência da parede é reduzida para menos da metade.

Principalmente nas edificações térreas, a excentricidade do carregamento é significativa e não deve ser desconsiderada no dimensionamento. Para paredes que recebem carregamento de pavimentos superiores (centrado), a excentricidade é menor.

Pela formulação da NB, a maior resistência necessária das paredes de uma edificação corresponde à da parede mais solicitada. Pela BS e pelo EC, a consideração da excentricidade e do travamento pode alterar esta premissa (no EC, as condições de travamento lateral são mais detalhadas). Além disso, nas normas estrangeiras analisam-se três regiões da parede (topo, meio e base), com carregamentos e excentricidades diferentes. A tendência é que a verificação seja crítica na base e no meio, respectivamente para situações de muitos e poucos pavimentos. Por estes motivos a parede crítica pode ser diferente conforme a norma utilizada.

A NB altera o coeficiente de segurança para as paredes consideradas como pilares. A BS define que nestes casos a altura efetiva é sempre altura real da parede, ou seja, ela não goza do benefício de redução. O EC não as distingue das demais, considerando nestes casos inclusive o travamento lateral, quando existente.

Do ponto de vista estrutural, pode-se afirmar que o comportamento da alvenaria é independente do material da unidade constituinte (concreto ou cerâmico). As diferenças estariam restritas à resistência à compressão da respectiva alvenaria. Assim, a especificação para uma parede submetida a determinada solicitação leva em conta apenas a sua resistência (além dos parâmetros geométricos), independente do material. Como se adota nas normas internacionais.

Os coeficientes de segurança diferenciados empregados no método dos estados limites (conforme o nível de controle de materiais e execução), utilizados pela BS e EC, possibilitam contemplar de forma distinta situações diferentes; ou seja, a utilização de materiais de melhor qualidade e obras com melhor execução são beneficiadas com o uso de um fator de redução menor. A utilização de fatores de segurança diferenciados não é considerada no Brasil, nem nas normas de ações e segurança, nem nas de projetos com outros sistemas construtivos.

8.6 Sobre os ensaios

A representatividade dos ensaios realizados é limitada, visto que existem inúmeros produtores, observando-se muitas variações nos componentes (dimensões, formas, vazios, resistência, etc.). O processo de produção de tijolos e blocos cerâmicos de vedação influencia tanto na padronização das dimensões como na resistência das unidades. Quando

a variabilidade nos resultados de ensaios é elevada, a diferença entre o valor da resistência característica e da resistência média é maior.

A falta de padronização nos ensaios de prismas de tijolos e blocos cerâmicos de vedação dificulta a comparação com ensaios já realizados. Os resultados relativos à resistência da unidade (f_b) obtidos nos ensaios mostraram que os tijolos maciços possuem boa resistência à compressão (superior à maior resistência de referência estabelecida em norma) e que os blocos cerâmicos possuem resistência menor que a mínima estabelecida por norma. Os valores dos fatores de eficiência (f_p/f_b) ficaram próximos dos valores obtidos por outros autores.

O modo de ruptura dos prismas, principalmente dos blocos cerâmicos, mostrou-se relativamente brusco, com alguns poucos sinais externos de fissuras. Nos prismas de tijolos maciços, surgiram fissuras na face transversal do prisma (inicialmente internas à parede). Sinais de ruptura nas faces longitudinais (externas) ocorreram apenas nos níveis de carregamento próximos à ruptura.

Os blocos cerâmicos apresentaram resistência da unidade abaixo do exigido por norma para os blocos de vedação. A utilização estrutural de um componente que não atende sequer à resistência mínima a que é destinado é absolutamente inadequada.

8.7 Sobre a viabilidade do uso estrutural destes elementos

A unidade de alvenaria (tijolo ou bloco) utilizada define, do ponto de vista estrutural, o peso próprio, a espessura da parede (esbeltez) e a sua capacidade resistente. Pela ótica da arquitetura, ela influencia o nível de conforto térmico, o espaço interno disponível, a espessura dos batentes e outros detalhes de acabamento. Pela visão do construtor, se relaciona com o custo da alvenaria, a disponibilidade do material, o manuseio, o revestimento, o embutimento de instalações, entre outros. Para o usuário final, além do conceito cultural que normalmente valoriza o tijolo maciço ou uma estrutura de concreto armado, interessa a funcionalidade e o custo de manutenção da edificação. Convergir estes diversos interesses requer um trabalho conjunto entre arquitetura e estrutura desde o início de concepção da edificação.

Pelos exemplos apresentados, foi possível verificar que o posicionamento das aberturas pode originar trechos de paredes isolados dos demais, muitas vezes com carregamentos elevados. Nestes casos, não importa a consideração da interação entre as paredes. Possibilitar o travamento de uma parede pelas demais é um critério que deve ser considerado quando da elaboração da arquitetura, tanto em benefício da interação entre as paredes como pela consideração do travamento lateral.

Idealmente, o dimensionamento da alvenaria identifica as paredes mais solicitadas. Pequenas modificações podem viabilizar o uso de determinado componente de alvenaria. Em alguns casos estudados, uma intervenção no projeto inicial mostrou-se importante. Na maioria das vezes, apenas observando-se a arquitetura é possível identificar e propor modificações para as paredes isoladas e/ou com grande área de laje nelas apoiada. Outros ajustes de projeto podem melhorar muito o panorama: aumento no comprimento de paredes isoladas, através do ajuste das aberturas; possibilidade de travamento destas paredes com outras; e aumento na espessura da parede (recursos possíveis para reduzir os valores máximos da resistência necessária). Dada a grande influência da espessura no dimensionamento, seria importante estimular a produção de unidades com espessura um pouco maior, de 11,5 cm, por exemplo – ao contrário da tendência atual, de redução da espessura.

Tentou-se relacionar a resistência necessária da parede crítica com uma área máxima de laje apoiada sobre elas. Considerando-se a resistência da parede igual a dos prismas ensaiados, este valor variou entre 6 a 8 m²/m para os tijolos maciços e 2,5 m²/m para os blocos cerâmicos. Nos exemplos apresentados a área de influência **média** de laje sobre as paredes foi próxima de 1,60 m²/m para as edificações térreas e 3,41 m²/m para as edificações assobradadas. Apesar de estes valores serem menores que os valores experimentais, a resistência necessária de algumas paredes obtidas no dimensionamento foi maior do que as ensaiadas. Isto porque se referem a casos críticos e não a valores médios.

Assim, nestes casos críticos, seria importante se obter um valor máximo (de referência) para a área de laje apoiada sobre as paredes, para cada situação típica (número de pavimentos, resistência do componente ou da alvenaria), contemplando ainda outras particularidades das paredes (se é isolada, se é de pequena extensão, as condições de travamento, entre outros aspectos). Por exemplo, para edificações de 1 pavimento, com resistência de alvenaria de 3,0 MPa, obteve-se para uma parede crítica isolada de 30 cm de extensão um valor máximo de 3,9 m² de laje por metro de parede. A obtenção de uma base de dados representativa pode ser útil para uma situação de pré-dimensionamento.

Assim, os resultados mostraram que o uso tijolo maciço não pode ser indiscriminado, apesar da possibilidade de uso inclusive em edificações assobradadas. O bloco cerâmico com furos horizontais apresentou resistência muito baixa, mostrando-se totalmente inadequado para uso estrutural.

A espessura das unidades é uma das características de grande impacto no dimensionamento. O limite imposto pela NB (para blocos estruturais de concreto) de 14 cm seria muito restritivo para o caso do tijolo maciço, no tipo de obra estudado.

Alvenarias de espessura de 9 cm, 11,5 cm e 14 cm, neste trabalho representadas por blocos cerâmicos com furos horizontais (de resistência muito reduzida, sem potencial de uso como elemento resistente), podem ser substituídas por blocos similares aos empregados em alvenaria estrutural (blocos cerâmicos com furos na vertical). Estes blocos têm resistência à compressão muito superior, além de outras vantagens, tais como a possibilidade de execução de grautes e vergas, facilidade na passagem de tubulações elétricas sem comprometimento da alvenaria, modulação e outros. Observou-se que blocos de 11,5 cm podem atender à grande maioria das situações estudadas. Seu uso pode ser estimulado.

8.8 Propostas para estudos futuros

A padronização dos ensaios de resistência à compressão das unidades e prismas é necessária para a elaboração de um banco de dados que possibilite obter a correlação entre a resistência da unidade, a resistência de prisma e a resistência da alvenaria.

Novos estudos e simulações sobre dimensionamento da alvenaria são importantes para um maior conhecimento da distribuição do carregamento (interação entre paredes), influência da esbeltez e excentricidade, estabilidade de paredes com travamento no topo, na base e lateral, entre outras, que confirmem as orientações do EC e da BS.

Outro aspecto importante relaciona-se às paredes com rasgos para passagem de tubulações elétricas e hidráulicas. Certamente sua capacidade resistente é menor e a solicitação deve ser compatível com isso. Ensaios para quantificar a redução da resistência para diferentes situações seriam interessantes.

O tipo de obra estudado contempla variações, relativas ao uso de pilaretes e cintas de concreto armado que conferem certo confinamento à alvenaria (certamente mais estáveis). O comportamento destas alvenarias precisa ser mais bem estudado: qual o acréscimo de resistência das paredes nesta situação? Qual a parcela de carga é resistida pelos pilaretes?

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM-C270**. Standard specification for mortar for unit masonry. In: Annual Book of ASRM Standards. Philadelphia, 1982. v.16, p.167-181.

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACION. **UNE-ENV 1996-1-1**: Proyecto de estructuras de fábrica. Versão espanhola, 1997. Eurocódigo 6.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2003**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural, Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6460**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – verificação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7170**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria, Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7173**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria sem função estrutural, Rio de Janeiro, 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7184**: Blocos vazados de concreto simples – Determinação da resistência à compressão, Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8041**: Tijolo cerâmico para alvenaria – Forma e dimensões, Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8215**: Prismas de blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural: Preparo e ensaio à compressão, Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos, Rio de Janeiro, 1984.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8798**: Execução e controle de obras em alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8949**: Paredes de alvenaria estrutural – ensaio à compressão simples, Rio de Janeiro, 1985.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10834**: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural, Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837**: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto, Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10835**: Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural – Forma e dimensões, Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13281**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14974-1**: Bloco sílico-calcáreo para alvenaria – Parte 1: requisitos, dimensões e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15259**: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da absorção de água por capilaridade e do coeficiente de capilaridade, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos – Parte 1 – Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-2**: Componentes cerâmicos – Parte 2 – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos, Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-3**: Componentes cerâmicos – Parte 3 – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Método de ensaio, Rio de Janeiro, 2005.

AVILA JR, Jovair. et al. **Alvenaria estrutural**: método dos estados limites. São Carlos 2006. In:VI Simpósio EPUSP sobre estruturas de concreto, 2006, São Carlos.

BAIO DIAS, António, **Construção em tijolo cerâmico**: das exigências normativas do produto à prática de aplicação. Porto, 2002. In:SEMINÁRIO SOBRE PAREDES DE ALVENARIA, 2002, Porto.

BARBOSA, Miriam Jerônimo; LAMBERTS, Roberto. **Aplicação de uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico em edificações residenciais unifamiliares**

ao clima de Londrina-PR. Brasil - Salvador, BA. 1997. p.205-210. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4., 1997, Salvador.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos; MARQUES, Guilherme Munhoz. **Avaliação dos tijolos maciços cerâmicos produzidos nas olarias da região de Bauru/SP.** Juiz de Fora, MG. 2002. In: CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL, 5. , 2002, Juiz de Fora. Artigo Técnico.

BRITISH STANDARD INSTITUTIONI - BS. **BS-5628:part 1:** Code of practice for structural use of masonry part 1: structural use of unreinforced masonry. London, 1992.

CAPUZZO NETO, Valentim. **Estudo teórico e experimental da interação de paredes de alvenaria estrutural submetidas a ações verticais.** 2000. 111 p. Dissertação (Mestrado em engenharia de estruturas). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2000.

CARVALHO, João Dirceu Nogueira; ROMAN, Humberto Ramos. **Alvenaria estrutural: Um pouco de sua história.** Maringá, PR. 2001. p. 90-96. In: II ENCONTRO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA DE MARINGÁ, 2., 2001, Maringá.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado:** segundo a NB 6118:2003. 2ª Edição. São Carlos: Editora EdUFSCar, 2004.

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. **Considerações sobre alvenaria resistente de tijolos e blocos cerâmicos de vedação.** Florianópolis, SC. 1991. p. 117-123. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 1991, Florianópolis.

CAVALHEIRO, Odilon Pâncaro. **Resistência e deformabilidade de pequenas paredes em alvenaria cerâmica tradicional.** 5th INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES. 1994, Florianópolis.

CAVALHEIRO, Odilon P.; POZZOBON, Marco Antonio; SANTOS, Marcus D. F. dos. **Considerações sobre o uso de juntas verticais não preenchidas na alvenaria.** In: JORNADAS SUDAMERICANAS DE INGENHARIA ESTRUCTURAL. 2000, Punta del Leste – Uruguay.

CURTIN, W.G. et al. **Structural masonry designers' manual.** Second Edition. London. Blackwell Science, 1995.

EUROPE COMITEE FOR STANDARDIZATION. **Eurocode 0 prEN 1990:** Final draft: Basic of structural design. English version. 2001.

EUROPE COMITEE FOR STANDARDIZATION. **EC ENV 1996-1-1**: Design of masonry structures part 1-1: General rules for buildings – Rules for reinforced and unreinforced masonry. English Version. 1995.

EUROPE COMITEE FOR STANDARDIZATION. **EC prEN 1996-1-1:Redraft 9A**: Design of masonry structures part 1-1: General rules for buildings – Rules for reinforced and unreinforced masonry. English Version. 2001.

GOMES, Nelson dos Santos. Normalização. In: TAUIL, Carlos Alberto. **Manual técnico de alvenarias**, São Paulo: Projeto Editores Associados, São Paulo, 1990. pp 211-244.

LORDSLEMM JR., Alberto Casado. **Execução e inspeção de alvenaria racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000. (Coleção Primeiros Passos da Qualidade no Canteiro de Obras).

MASSETTO, Leonardo Tolaine; SABBATINI, Fernando Henrique. **Deformações estruturais e resistência das alvenarias de vedação**. In: ENTAC, 8., 2000, Salvador. v.2 p.986-993.

MASSETTO, Leonardo Tolaine. **Estudo da Resistência à compressão de alvenarias de vedação de componentes comercializados em São Paulo**. 2001. 157 p. Dissertação (Mestrado em engenharia). Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

OLIVEIRA JR, V., PINHEIRO, Libânio Miranda. **Análise de paredes de alvenaria estrutural calculadas no estado limite último**. Florianópolis, SC. 1994. p. 295-301. In: International Seminar on Structural masonry for Developing Countries, 5º, Florianópolis, 1994. Artigo técnico.

OLIVEIRA, Sônia Medeiros; ROMAN, Humberto Ramos. **Avaliação e uso de blocos cerâmicos nos estados da Bahia e Santa Catarina**. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5. 1994, Florianópolis. p. 453-461.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; FURLAN JR., Sydnei. **Edificações em alvenaria estrutura**. São Carlos: UFSCar / Departamento de Engenharia Civil, 2001. Apostila

PARSEKIAN, Guilherme Aris; FRANCO, Luiz Sérgio: Alvenaria: método para distribuição de esforços verticais entre paredes de edifícios de alvenaria estrutural. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 61. p. 61-53. 2002.

PRADO, Sílvio Hickel do. **Resistência à compressão de tijolos e blocos cerâmicos de diferentes formas e dimensões**. 1995. p. 111. Dissertação (Mestrado em engenharia civil). Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1995.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Márcio R.S.. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Editora PINI, 2003.

ROMAN, Humberto Ramos. **Características físicas e mecânicas que devem apresentar os tijolos e blocos cerâmicos para alvenarias de vedação e estrutural**. In: SIMPÓSIO DE DESEMPENHO DE MATERIAIS E COMPONENTES DE CONSTRUÇÃO CIVIL, 3., 1991, Florianópolis. p. 101-108.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Argamassas de assentamento para paredes de alvenaria resistente**. 2ª edição. São Paulo: ABCO, 1998.

SABBATINI, Fernando Henrique. **As fissuras com origem na interação vedação - estrutura**. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÕES VERTICAIS, 1998, São Paulo. p.169-186.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Alvenaria estrutural: materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Brasília: Caixa econômica federal, Superintendência Nacional de Parcerias e Apoio ao Desenvolvimento Urbano, 2002

SÁNCHEZ FILHO, Emil de Souza (Organizador). **Alvenaria estrutural: novas tendências técnicas e de mercado**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, SENAI, 2002.

SILVA, Wilson José da. **Estudo experimental de ligações entre paredes de alvenaria estrutural de blocos cerâmicos sujeitas a ações verticais**. 2003. p. 144. Dissertação (Mestrado em engenharia civil). Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira. 2003.

SIQUEIRA TANGO, Carlos Eduardo. **Materiais: tecnologia e controle**. In: TAUIL, Carlos Alberto. **Manual técnico de alvenarias**. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1990. p 143-176

SPOSTO, Rosa M.; PERINI, André S..**Caracterização e avaliação da qualidade dos blocos cerâmicos furados para alvenaria de vedação fornecidos para o Distrito Federal - DF**. In: ENTAC, 8., 2000, Salvador. v.2 p.940-948 il..

TARGA, Luis Antonio; BALLARIN, Adriano Wagner. Resistência à compressão da alvenaria de tijolos maciços cerâmicos. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.17, n.1, p.12-19,1997.

THOMAZ, Ercio. **Patologia das Alvenarias**. In: TAUIL, Carlos Alberto. **Manual técnico de alvenarias**, São Paulo: Projeto Editores Associados, 1990. pp 97-117.

THOMAZ, Ercio.: As causas de fissuras. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 36, 1998.

THOMAZ, Ercio.: As causas de fissuras. **Revista Técnica**, São Paulo, n. 37, 1998.

VIDOR, Elisabeth. **Especifique:** materiais de construção. São Paulo: Menasce Comunicações, 1992.

A. TRABALHO EXPERIMENTAL – TABELAS

Neste apêndice são apresentadas maiores informações (tabelas completas) sobre os resultados do trabalho experimental. A análise dos resultados e comentários sobre os ensaios são apresentados no Capítulo 4-Trabalho experimental.

A.1 Caracterização de resistência da unidade

Tabela A.1 – Resultados dos ensaios de resistência do tijolo maciço XXX

Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	10,884	9,950	108,30	75,01	6,93
2	10,680	10,162	108,53	88,30	8,14
3	10,160	10,064	102,25	89,57	8,76
4	10,788	10,044	108,35	88,30	8,15
5	10,844	10,028	108,74	106,66	9,81
6	10,648	10,028	106,78	90,20	8,45
Média	-	-	-	-	8,37

Tabela A.2 – Resultados dos ensaios de resistência do tijolo maciço ASF

Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	10,216	10,702	109,33	106,03	9,70
2	10,268	10,078	103,48	56,02	5,41
3	10,102	10,152	102,56	112,36	10,96
4	10,310	10,500	108,26	73,74	6,81
5	10,282	10,350	106,42	69,94	6,57
6	10,358	10,402	107,74	88,93	8,25
Média	-	-	-	--	7,95

Tabela A.3 – Resultados dos ensaios de resistência do tijolo maciço JRT

Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/.			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	10,652	10,126	107,86	62,98	5,84
2	10,428	10,210	106,47	52,22	4,90
3	10,400	9,978	103,77	92,73	8,94
4	10,068	9,974	100,42	45,89	4,57
5	9,992	10,156	101,48	77,54	7,64
6	10,334	9,862	101,91	57,92	5,68
Média	-	-	-	-	6,26

Tabela A.4 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 9x19x19

Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/.			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	8,592	18,726	160,89	4,11	0,26
2	8,700	18,472	160,71	3,48	0,22
3	8,540	18,130	154,83	9,81	0,63
4	8,762	18,628	163,22	4,11	0,25
5	8,752	18,704	163,70	4,11	0,25
6	8,626	18,700	161,31	4,74	0,29
Média	-	-	-	-	0,32

Tabela A.5 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 14x19x19

Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/.			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	14,466	20,012	289,49	2,84	0,10
2	14,334	19,890	285,10	10,44	0,37
3	14,268	19,890	283,79	9,17	0,32
4	14,500	18,862	273,50	5,38	0,20
5	14,248	19,966	284,48	6,64	0,23
6	14,238	19,624	279,41	7,91	0,28
Média	-	-	-	-	0,25

Tabela A.6 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 11,5x14x24

Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/°			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	11,500	24,074	276,85	38,29	1,38
2	11,522	24,088	277,54	55,38	2,00
3	11,420	24,088	275,08	52,85	1,92
4	11,296	23,956	270,61	69,31	2,56
5	11,386	24,288	276,54	51,59	1,87
6*	-	-	-	-	-
Média	-	-	-	-	1,95

* Corpo de prova danificado

Tabela A.7 – Resultados dos ensaios de resistência do bloco cerâmico 14x11,5x24

Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/°			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	13,610	23,872	324,90	51,59	1,59
2	13,746	24,180	332,38	52,22	1,57
3	13,750	24,130	331,79	32,60	0,98
4	13,822	24,472	338,25	37,66	1,11
5	13,700	24,128	330,55	36,39	1,10
6	13,658	23,922	326,73	59,18	1,81
Média	-	-	-	-	1,36

A.2 Caracterização de resistência de prisma

Tabela A.8 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX

TIJOLO MACIÇO XXX – e=1,0 – Argamassa Ia					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri.º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	9,926	21,000	208,45	71,21	3,42
2	9,934	21,140	210,00	71,84	3,42
3	9,960	21,038	209,54	85,14	4,06
Média	-	-	-	-	3,63

Tabela A.9 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço ASF

TIJOLO MACIÇO ASF – e=1,0 – Argamassa Ia					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri.º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	10,362	21,160	219,26	68,68	3,13
2	10,246	21,368	218,94	68,68	3,14
3	10,260	21,122	216,71	69,31	3,20
Média	-	-	-	-	3,16

Tabela A.10 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço JRT

TIJOLO MACIÇO JRT – e=1,0 – Argamassa Ia					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri.º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	9,800	20,448	200,39	62,35	3,11
2	9,902	20,688	204,85	68,04	3,32
3	9,904	20,590	203,92	61,71	3,03
Média	-	-	-	-	3,15

Tabela A.11 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 9x19x19

BLOCO CERÂMICO 9x19x19 – e=1,0 – Argamassa Ia					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri.º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	8,566	18,384	157,48	4,11	0,26
2	8,594	18,192	156,34	5,38	0,34
3	8,478	18,618	157,84	3,48	0,22
Média	-	-	-	-	0,28

Tabela A.12 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 14x19x19

BLOCO CERÂMICO 14x19x19 – e=1,0 – Argamassa Ia					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri.º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	14,158	19,972	282,76	3,48	0,12
2	14,260	20,016	285,43	4,74	0,17
3	14,486	19,108	276,80	4,11	0,15
Média	-	-	-	-	0,15

Tabela A.13 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 11,5x14x24

BLOCO CERÂMICO 11,5x14x24 – e=1,0 – Argamassa Ia					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri.º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	11,426	24,054	274,84	24,37	0,89
2	11,316	24,014	271,74	18,67	0,69
3	11,276	23,968	270,26	22,47	0,83
Média	-	-	-	-	0,80

Tabela A.14 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 14x11,5x24

BLOCO CERÂMICO 14x11,5x24 – e=1,0 – Argamassa Ia					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/°			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	13,628	23,844	324,95	17,40	0,54
2	13,760	24,450	336,43	19,30	0,57
3	13,616	24,042	327,36	19,30	0,59
Média	-	-	-	-	0,57

Tabela A.15 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX

TIJOLO MACIÇO XXX – e=1,5 – Argamassa Ib					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/°			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	9,870	20,902	206,30	85,77	4,16
2	9,790	20,736	203,01	75,64	3,73
3	9,942	20,934	208,13	83,24	4,00
Média	-	-	-	-	3,96

Tabela A.16 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX

TIJOLO MACIÇO XXX – e=1,0 – com revestimento – Argamassa Ib					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/°			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	11,974	20,804	249,11	108,56	4,36
2	11,800	21,162	249,71	94,00	3,76
3	11,762	20,874	245,52	92,10	3,75
Média	-	-	-	-	3,96

Tabela A.17 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX

TIJOLO MACIÇO XXX – e=1,0– Argamassa II					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	10,178	21,422	218,03	85,77	3,93
2	9,820	21,912	215,18	117,42	5,46
3	10,090	20,320	205,03	96,53	4,71
Média	-	-	-	-	4,70

Tabela A.18 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço ASF

TIJOLO MACIÇO ASF – e=1,0– Argamassa II					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	10,272	21,150	217,25	81,34	3,74
2	10,368	21,172	219,51	95,90	4,37
3	10,328	21,188	218,83	75,64	3,46
Média	-	-	-	-	3,86

Tabela A.19 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Bloco 11,5x14x24

BLOCO CERÂMICO 11,5x14x24 – e=1,0 – Argamassa II					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/º			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	11,362	23,922	271,80	27,53	1,01
2	11,328	24,138	273,44	14,87	0,54
3	11,340	24,144	273,79	20,57	0,75
Média	-	-	-	-	0,77

Tabela A.20 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Tijolo maciço XXX

TIJOLO MACIÇO XXX – moldado na obra					
Corpo de Prova	Dimensões médias		Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	largura	compri/°			
	(cm)	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	9,926	21,000	208,45	71,21	3,42
2	9,934	21,140	210,00	71,84	3,42
3	9,960	21,038	209,54	85,14	4,06
Média	-	-	-	-	3,63

Tabela A.21 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. la

Argamassa de assentamento la				
Corpo de Prova	Diâmetro médio	Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	4,992	19,57	2,21	1,13
2	4,990	19,56	2,21	1,13
3	4,962	19,34	2,21	1,14
4	5,020	19,79	2,21	1,12
5	5,000	19,63	2,21	1,13
6	4,982	19,49	2,21	1,13
Média	-	-	-	1,13

Tabela A.22 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. Ib

Argamassa de assentamento Ib				
Corpo de Prova	Diâmetro médio	Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	4,984	19,51	4,11	2,11
2	4,960	19,32	4,11	2,13
3	4,990	19,56	4,11	2,10
4	4,976	19,45	3,48	1,79
5	4,962	19,34	4,11	2,13
6	4,964	19,35	2,84	1,47
Média	-	-	-	1,96

Tabela A.23 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. II

Argamassa de assentamento II				
Corpo de Prova	Diâmetro médio	Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	4,976	19,45	11,07	5,69
2	5,002	19,65	10,44	5,31
3	5,014	19,75	11,07	5,61
4	4,958	19,31	11,71	6,06
5	5,000	19,63	10,44	5,32
6	5,022	19,81	12,34	6,23
Média	-	-	-	5,70

Tabela A.24 – Resultados dos ensaios de resistência de prisma – Arg. revestimento

Argamassa de revestimento				
Corpo de Prova	Diâmetro médio	Área	Força de ruptura	Tensão de ruptura
	(cm)	(cm ²)	(kN)	(MPa)
1	5,036	19,92	5,38	2,70
2	5,004	19,67	5,38	2,73
Média	-	-	-	2,72

B. EXEMPLOS NUMÉRICOS – TABELAS E FIGURAS

Neste apêndice são apresentadas maiores informações sobre os exemplos discutidos no capítulo 4, tais como figuras de arquitetura e estrutura e Tabelas do dimensionamento das paredes. A discussão sobre as informações apresentadas são realizadas no Capítulo 5 - Dimensionamento: exemplo numérico e Capítulo 6 - Dimensionamento: outros exemplos.

B.1 Exemplo 1 – Edificação térrea

Trata-se de uma residência térrea, padrão popular, constituída por: 2 dormitórios, 1 banheiro, sala e cozinha. A área de serviço é externa e existe uma varanda na frente, dentro do limite da edificação (6,50x9,15 m) protegendo a porta de entrada da residência contra intempéries. A cobertura é em telha de barro, com estrutura de madeira apoiada sobre a laje. A área de construção é de 59,47 m².

A estrutura desta edificação é constituída por um madeiramento que forma o telhado e apóia sobre lajes de concreto armado (laje pré-moldada ou laje maciça) que por sua vez, apóia sobre as paredes (alvenaria resistente). Estas apóiam sobre uma base rígida (elemento de fundação) que transfere estes carregamentos para o solo.

As figuras B.1, B.2 e B.3 apresentam a arquitetura deste exemplo. As figuras B.4, B.5 e B.6 apresentam as lajes e as paredes resistentes que compõe a estrutura. A estrutura proposta é apresentada com 3 variações, cujas diferenças estão na definição das paredes resistentes.

As Tabelas B.1 a B.8 apresentam os resultados do levantamento de cargas e esforços sobre as paredes conforme a tipo de laje considerado e a interação utilizada. As Tabelas B.9 a B.23 apresentam o resultado do dimensionamento pelas normas estudadas, das paredes deste exemplo para vários tipos de alvenaria.

Os estudos sobre os resultados do levantamento de carga, interação e dimensionamento, relacionados a este exemplo, estão apresentados no item 5.3-Descrição do Exemplo 1 – edificação térrea.

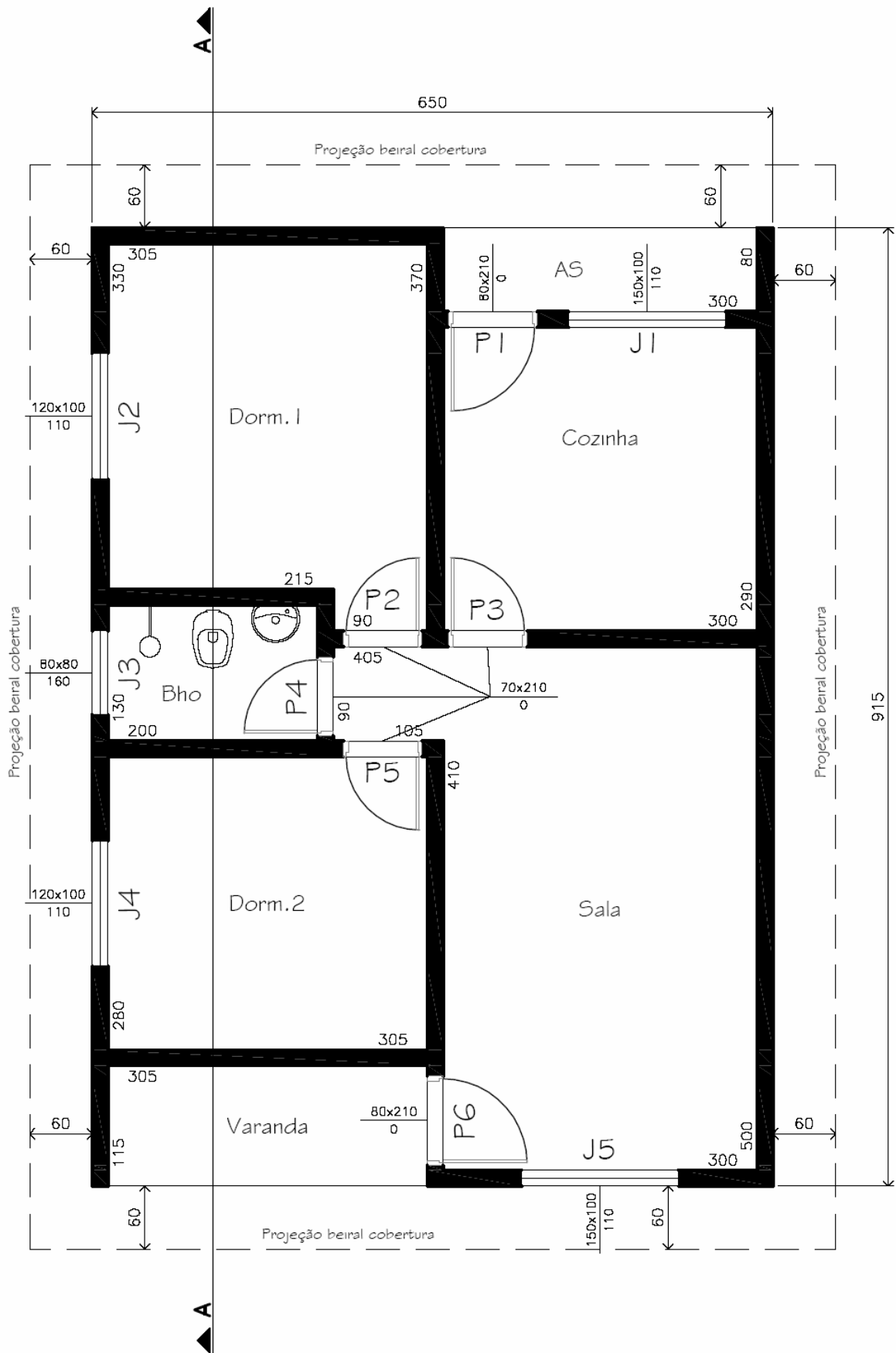


Figura B.1 – Arquitetura do Exemplo 1: Planta baixa

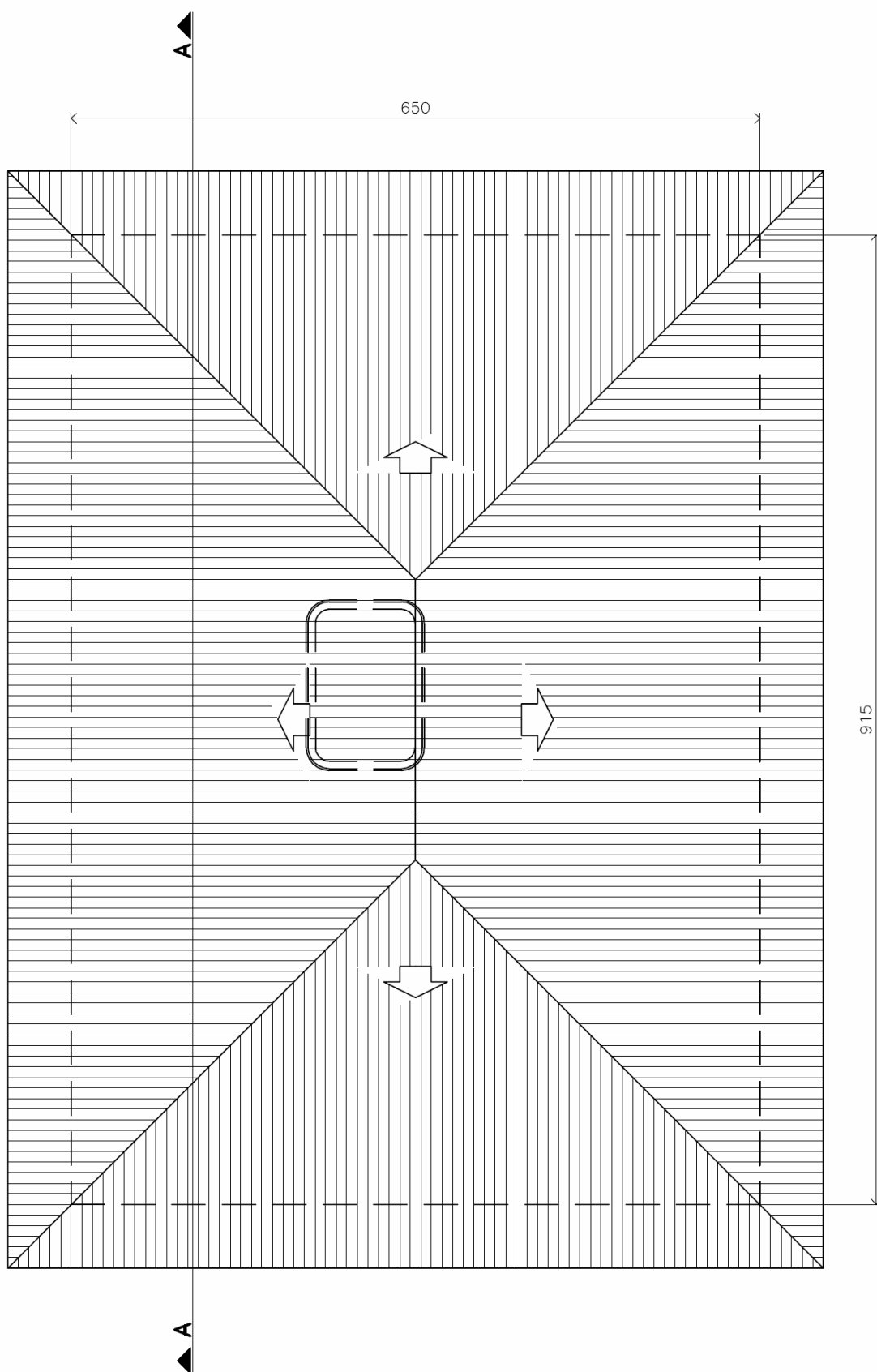


Figura B.2 – Arquitetura do Exemplo 1: Planta de cobertura

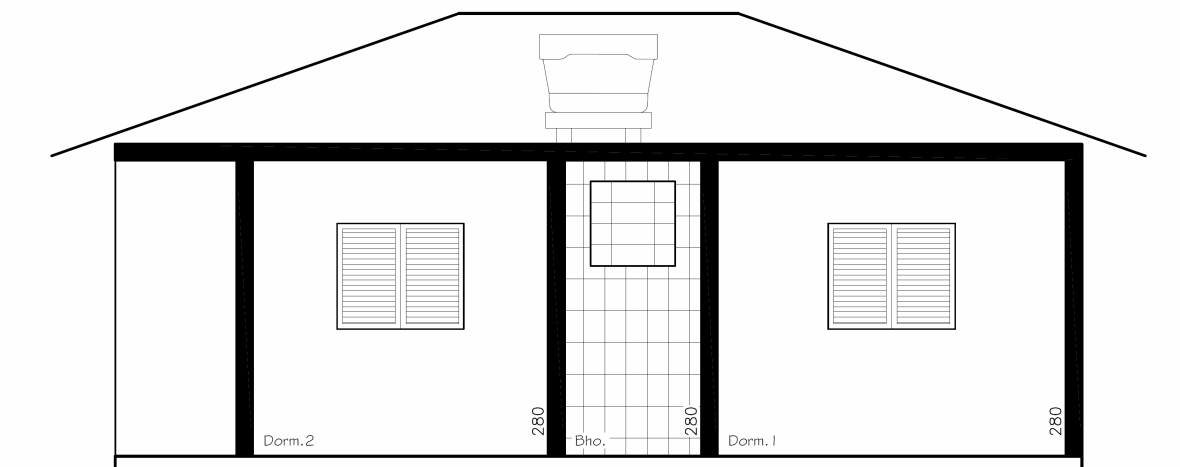


Figura B.3 – Arquitetura do Exemplo 1: Corte AA

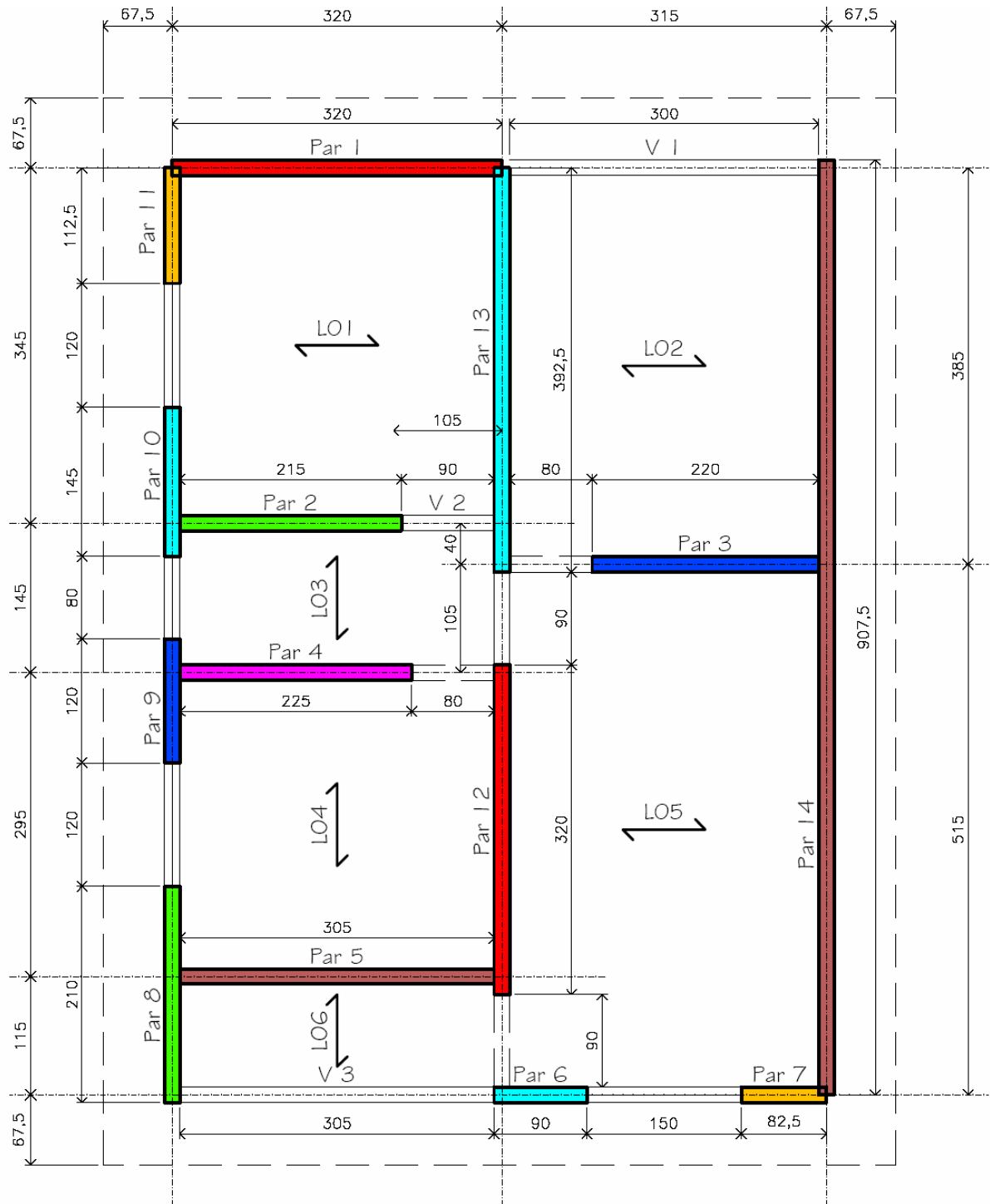


Figura B.4 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 1

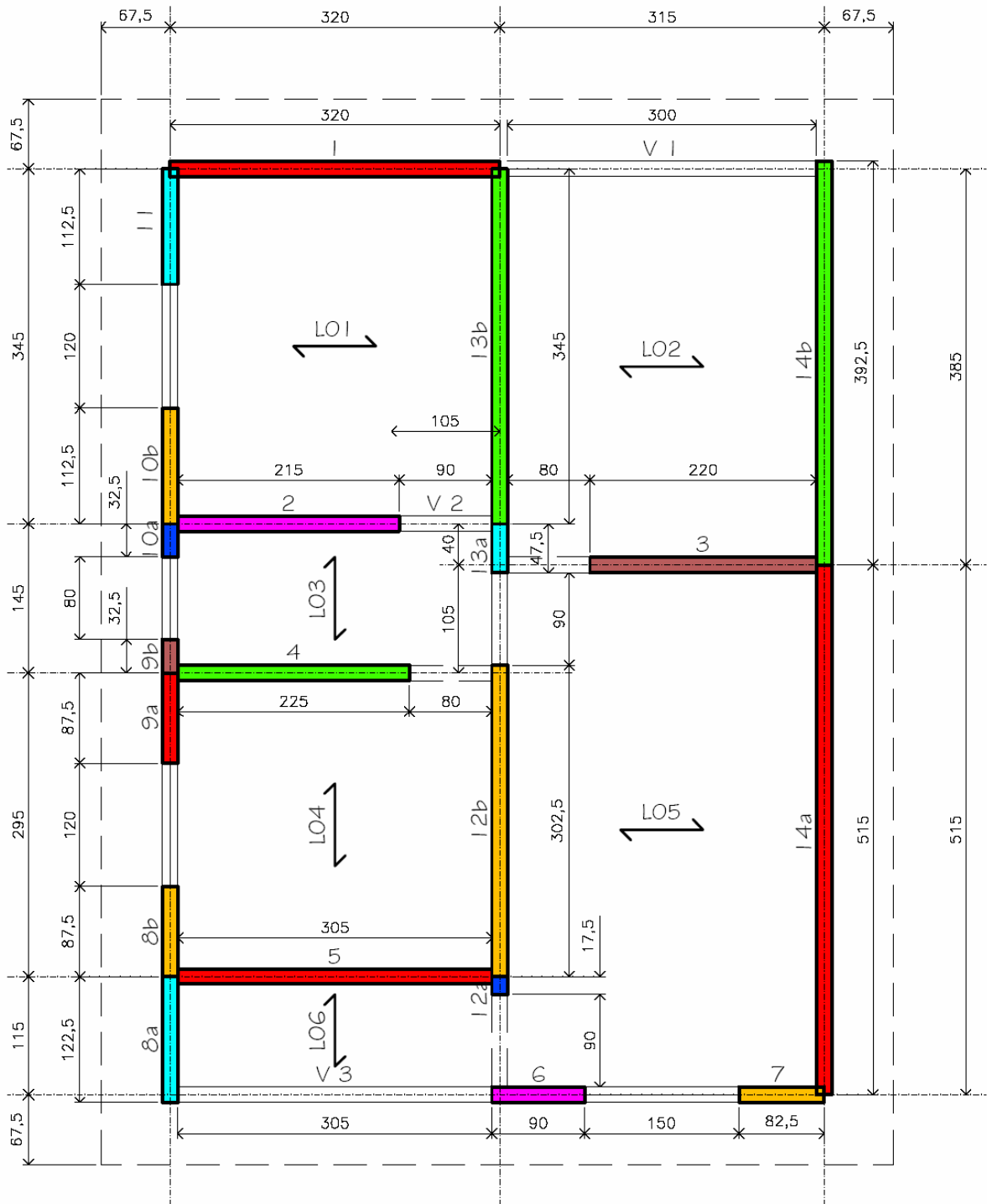


Figura B.5 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 2

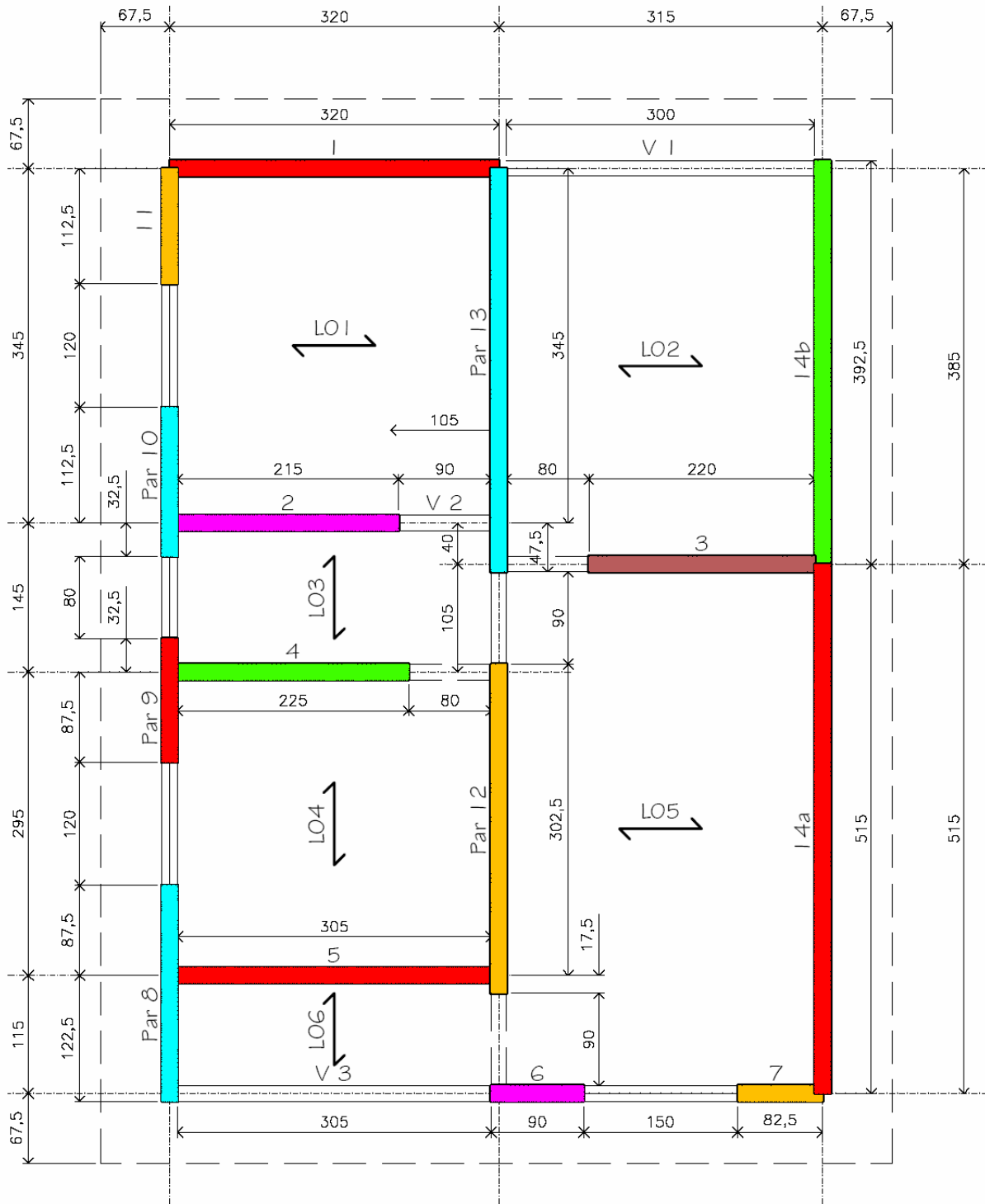


Figura B.6 – Estrutura do Exemplo 1: Proposta 3

Tabela B.1 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje pré unidirecional com continuidade

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	1,4	1,1	0,0	2,5	20,2	22,7	7,1	15,0	15,2
PAR 2	4,3	1,1	2,5	7,9	13,5	21,5	10,0	11,3	10,7
PAR 3	0,0	0,0	0,8	0,8	13,9	14,6	6,6	10,7	11,3
PAR 4	22,6	0,0	4,0	26,7	14,2	40,8	18,1	14,8	15,4
PAR 5	24,5	0,0	0,0	24,5	19,2	43,7	14,3	13,8	14,7
PAR 6	3,6	4,7	1,8	10,2	5,7	15,8	17,6	17,6	17,6
PAR 7	0,7	0,0	1,4	2,1	5,2	7,3	8,8	10,7	10,3
PAR 8a	0,5	4,7	0,0	5,2	7,7	12,9	10,6	13,8	11,3
PAR 8b	0,6	0,0	1,1	1,8	5,5	7,3	8,3	13,8	11,5
PAR 9a	0,6	0,0	1,1	1,8	5,5	7,3	8,3	14,8	13,4
PAR 9b	0,3	0,0	0,5	0,8	2,0	2,9	8,8	14,8	13,9
PAR 10a	0,3	0,0	0,5	0,8	2,0	2,9	8,8	11,3	12,6
PAR 10b	8,1	0,0	1,1	9,2	7,1	16,3	14,5	11,3	12,0
PAR 11	8,1	0,0	1,1	9,2	7,1	16,3	14,5	15,0	10,7
PAR 12a	3,4	0,0	0,9	4,3	1,1	5,4	30,8	13,8	21,7
PAR 12b	23,1	0,0	3,4	26,5	19,1	45,5	15,0	13,8	14,0
PAR 13a	2,9	0,6	4,1	7,6	3,0	10,6	22,2	15,0	21,9
PAR 13b	50,3	1,7	0,8	52,7	21,7	74,5	21,6	15,0	15,3
PAR 14a	30,6	0,0	0,0	30,6	32,4	63,0	12,2	10,7	10,6
PAR 14b	17,8	2,3	0,0	20,0	24,7	44,8	11,4	10,7	10,7
TOTAL	203,7	16,2	25,1	245,1	230,9	476,0	30,8	17,6	21,9
(%)	42,80%	3,41%	5,28%	51,49%	48,51%	100,00%			

Tabela B.2 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje pré bidirecional

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	5,9	2,2	0,0	8,0	20,2	28,2	8,8	13,8	13,7
PAR 2	8,6	2,1	2,5	13,2	13,5	26,8	12,5	12,8	12,4
PAR 3	6,1	0,0	0,8	6,8	13,9	20,7	9,4	11,3	12,3
PAR 4	17,6	0,0	4,0	21,6	14,2	35,8	15,9	13,9	14,2
PAR 5	19,0	0,0	0,0	19,0	19,2	38,2	12,5	13,5	14,5
PAR 6	4,8	5,4	1,8	12,1	5,7	17,8	19,7	19,7	19,7
PAR 7	2,2	0,0	1,4	3,6	5,2	8,8	10,6	11,3	10,9
PAR 8a	0,6	5,4	0,0	6,1	7,7	13,8	11,3	13,5	11,4
PAR 8b	2,5	0,0	1,1	3,7	5,5	9,2	10,5	13,5	11,8
PAR 9a	2,5	0,0	1,1	3,7	5,5	9,2	10,5	13,9	13,2
PAR 9b	0,4	0,0	0,5	0,9	2,0	2,9	9,1	13,9	13,8
PAR 10a	0,4	0,0	0,5	0,9	2,0	2,9	9,1	12,8	13,9
PAR 10b	8,2	0,0	1,1	9,3	7,1	16,4	14,6	12,8	13,3
PAR 11	8,2	0,0	1,1	9,3	7,1	16,4	14,6	13,8	11,5
PAR 12a	3,2	0,0	0,9	4,0	1,1	5,1	29,2	13,5	20,6
PAR 12b	24,1	0,0	3,4	27,4	19,1	46,5	15,4	13,5	13,4
PAR 13a	3,8	1,0	4,1	8,9	3,0	11,9	25,1	13,8	20,9
PAR 13b	31,8	3,2	0,8	35,8	21,7	57,6	16,7	13,8	13,7
PAR 14a	27,7	0,0	0,0	27,7	32,4	60,1	11,7	11,3	11,0
PAR 14b	18,7	4,4	0,0	23,0	24,7	47,7	12,2	11,3	11,3
TOTAL	196,2	23,8	25,1	245,1	230,9	476,0	29,2	19,7	20,9
(%)	41,21%	5,00%	5,28%	51,49%	48,51%	100,00%			

Tabela B.3 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje maciça sem continuidade

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	10,3	3,3	0,0	13,6	20,2	33,8	10,6	13,6	13,1
PAR 2	10,6	2,5	2,5	15,6	13,5	29,2	13,6	13,1	12,8
PAR 3	14,7	0,0	0,8	15,5	13,9	29,4	13,3	11,6	12,9
PAR 4	12,9	0,0	4,0	16,9	14,2	31,1	13,8	13,3	13,1
PAR 5	14,2	0,0	0,0	14,2	19,2	33,4	11,0	13,2	14,1
PAR 6	7,6	4,9	1,8	14,3	5,7	20,0	22,2	22,2	22,2
PAR 7	5,0	0,0	1,4	6,4	5,2	11,6	14,1	11,6	12,2
PAR 8a	1,7	4,9	0,0	6,6	7,7	14,3	11,7	13,2	11,5
PAR 8b	4,4	0,0	1,1	5,6	5,5	11,1	12,7	13,2	12,1
PAR 9a	4,4	0,0	1,1	5,6	5,5	11,1	12,7	13,3	13,4
PAR 9b	1,2	0,0	0,5	1,7	2,0	3,8	11,6	13,3	14,5
PAR 10a	1,2	0,0	0,5	1,7	2,0	3,8	11,6	13,1	14,4
PAR 10b	5,9	0,0	1,1	7,1	7,1	14,1	12,6	13,1	13,2
PAR 11	5,9	0,0	1,1	7,1	7,1	14,1	12,6	13,6	11,3
PAR 12a	3,0	0,0	0,9	3,9	1,1	5,0	28,4	13,2	19,8
PAR 12b	23,8	0,0	3,4	27,2	19,1	46,2	15,3	13,2	12,8
PAR 13a	5,8	1,3	4,1	11,2	3,0	14,2	29,8	13,6	22,1
PAR 13b	22,9	4,6	0,8	28,2	21,7	49,9	14,5	13,6	13,6
PAR 14a	21,9	0,0	0,0	21,9	32,4	54,4	10,6	11,6	11,2
PAR 14b	14,2	6,6	0,0	20,8	24,7	45,5	11,6	11,6	11,4
TOTAL	191,9	28,1	25,1	245,1	230,9	476,0	29,8	22,2	22,2
(%)	40,31%	5,90%	5,28%	51,49%	48,51%	100,00%			

Tabela B.4 – Carregamentos Exemplo 1 – Laje maciça com continuidade

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	7,9	3,9	0,0	11,8	20,2	32,0	10,0	13,3	12,6
PAR 2	10,8	2,6	2,5	15,9	13,5	29,5	13,7	12,8	12,7
PAR 3	14,7	0,0	0,8	15,5	13,9	29,4	13,3	11,5	12,9
PAR 4	10,7	0,0	4,0	14,7	14,2	28,8	12,8	13,0	12,6
PAR 5	12,8	0,0	0,0	12,8	19,2	32,0	10,5	13,9	15,1
PAR 6	6,8	5,6	1,8	14,3	5,7	19,9	22,2	22,2	22,2
PAR 7	3,9	0,0	1,4	5,3	5,2	10,5	12,7	11,5	11,0
PAR 8a	2,0	5,6	0,0	7,6	7,7	15,3	12,5	13,9	11,9
PAR 8b	5,4	0,0	1,1	6,5	5,5	12,0	13,7	13,9	12,6
PAR 9a	5,4	0,0	1,1	6,5	5,5	12,0	13,7	13,0	13,4
PAR 9b	1,5	0,0	0,5	2,0	2,0	4,0	12,4	13,0	14,7
PAR 10a	1,5	0,0	0,5	2,0	2,0	4,0	12,4	12,8	14,2
PAR 10b	4,5	0,0	1,1	5,7	7,1	12,8	11,3	12,8	12,8
PAR 11	4,5	0,0	1,1	5,7	7,1	12,8	11,3	13,3	10,4
PAR 12a	3,5	0,0	0,9	4,3	1,1	5,4	31,1	13,9	21,3
PAR 12b	29,0	0,0	3,4	32,4	19,1	51,4	17,0	13,9	13,5
PAR 13a	6,7	1,3	4,1	12,0	3,0	15,0	31,7	13,3	23,1
PAR 13b	22,3	5,2	0,8	28,2	21,7	50,0	14,5	13,3	13,5
PAR 14a	16,6	0,0	0,0	16,6	32,4	49,1	9,5	11,5	10,9
PAR 14b	17,6	7,8	0,0	25,3	24,7	50,0	12,7	11,5	11,5
TOTAL	188,0	31,9	25,1	245,1	230,9	476,0	31,7	22,2	23,1
(%)	39,50%	6,71%	5,28%	51,49%	48,51%	100,00%			

Tabela B.5 – Dimensionamento: Ex. 1: Alv. 1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	9,46	0,72	0,52	0,56	14,43	1,10	0,74	0,79	14,48	1,10	0,74	0,79
2	13,10	1,00	0,73	0,76	13,40	1,02	0,74	0,77	13,35	1,02	0,74	0,77
3	10,03	0,76	0,50	0,50	11,99	0,91	0,59	0,57	13,07	0,99	0,65	0,61
4	16,50	1,26	0,99	1,02	14,44	1,10	0,91	0,94	14,92	1,14	0,93	0,96
5	13,18	1,00	0,82	0,87	14,20	1,08	0,86	0,91	15,49	1,18	0,92	0,97
6	20,21	1,54	1,36	1,43	20,21	1,54	1,36	1,43	20,21	1,54	1,36	1,43
7	11,29	0,86	0,59	0,53	11,99	0,91	0,62	0,56	11,64	0,89	0,61	0,54
8	11,48	0,87	0,57	0,58	14,20	1,08	0,70	0,68	11,60	0,88	0,57	0,59
9	10,59	0,81	0,56	0,49	14,44	1,10	0,71	0,67	13,54	1,03	0,67	0,63
10	13,83	1,05	1,14	1,21	13,40	1,02	1,12	1,18	13,47	1,02	1,12	1,19
11	15,12	1,15	1,39	1,44	14,43	1,10	1,35	1,40	12,16	0,93	1,22	1,26
12	16,95	1,29	1,21	1,32	14,20	1,08	1,08	1,18	14,67	1,12	1,11	1,20
13	18,30	1,39	1,08	1,12	14,43	1,10	0,94	0,97	15,05	1,15	0,96	1,00
14a	12,31	0,94	0,85	1,00	11,99	0,91	0,84	0,99	11,65	0,89	0,82	0,97
14b	12,81	0,97	0,83	0,91	11,99	0,91	0,79	0,87	11,90	0,91	0,79	0,87
Max.	20,21	1,54	1,39	1,44	20,21	1,54	1,36	1,43	20,21	1,54	1,36	1,43
Média		1,04	0,86	0,92		1,04	0,87	0,92		1,04	0,86	0,92
% Ab		65%	65%	51%		43%	65%	51%		55%	57%	43%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.6 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 2 (BI 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	6,80	0,71	0,90	0,54	11,63	1,22	1,37	0,82	11,66	1,22	1,37	0,83
2	10,44	1,10	1,36	0,80	10,58	1,11	1,37	0,81	10,56	1,11	1,37	0,81
3	7,25	0,76	0,83	0,49	9,27	0,97	1,00	0,59	10,37	1,09	1,09	0,64
4	13,60	1,43	1,95	1,16	11,47	1,20	1,77	1,05	11,96	1,26	1,81	1,07
5	10,52	1,10	1,55	0,93	11,38	1,19	1,63	0,98	12,64	1,33	1,75	1,05
6	16,83	1,77	2,72	1,63	16,83	1,77	2,72	1,63	16,83	1,77	2,72	1,63
7	8,02	0,84	1,00	0,42	9,27	0,97	1,11	0,48	8,67	0,91	1,06	0,45
8	8,63	0,91	0,98	0,57	11,38	1,19	1,19	0,70	8,85	0,93	1,00	0,58
9	7,47	0,78	0,94	0,41	11,47	1,20	1,30	0,59	10,53	1,11	1,22	0,55
10	10,79	1,13	ND	1,94	10,58	1,11	ND	1,92	10,62	1,11	ND	1,92
11	12,11	1,27	ND	1,86	11,63	1,22	ND	1,82	9,32	0,98	ND	1,60
12	14,02	1,47	2,41	1,54	11,38	1,19	2,15	1,37	11,85	1,24	2,19	1,40
13	15,42	1,62	2,09	1,22	11,63	1,22	1,79	1,05	12,26	1,29	1,84	1,08
14a	9,65	1,01	ND	1,10	9,27	0,97	ND	1,07	8,93	0,94	ND	1,04
14b	10,15	1,06	1,63	0,98	9,27	0,97	1,54	0,93	9,21	0,97	1,53	0,93
Max.	16,83	1,77	ND	1,94	16,83	1,77	ND	1,92	16,83	1,77	ND	1,92
Média		1,13	ND	1,03		1,13	ND	1,02		1,13	ND	1,02
% Ab		69%	ND	51%		43%	ND	51%		55%	ND	43%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.7 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 3 (BI 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	9,68	0,27	0,26	0,24	14,67	0,41	0,40	0,36	14,71	0,41	0,40	0,36
2	13,32	0,37	0,36	0,33	13,63	0,38	0,37	0,33	13,58	0,38	0,37	0,33
3	10,26	0,28	0,28	0,25	12,22	0,34	0,33	0,30	13,30	0,37	0,36	0,33
4	16,74	0,46	0,45	0,41	14,69	0,41	0,40	0,36	15,17	0,42	0,41	0,37
5	13,41	0,37	0,36	0,33	14,43	0,40	0,39	0,35	15,73	0,44	0,43	0,39
6	20,50	0,63	0,56	0,56	20,50	0,63	0,56	0,56	20,50	0,63	0,56	0,56
7	11,56	0,36	0,31	0,28	12,22	0,38	0,33	0,30	11,89	0,37	0,32	0,29
8	11,72	0,32	0,32	0,29	14,43	0,40	0,39	0,35	11,84	0,33	0,32	0,29
9	10,85	0,30	0,29	0,27	14,69	0,41	0,40	0,36	13,79	0,38	0,37	0,34
10	14,09	0,39	0,42	0,45	13,63	0,38	0,42	0,44	13,71	0,38	0,42	0,44
11	15,38	0,43	0,53	0,55	14,67	0,41	0,51	0,54	12,40	0,34	0,46	0,48
12	17,19	0,48	0,47	0,46	14,43	0,40	0,39	0,41	14,90	0,41	0,40	0,42
13	18,54	0,51	0,50	0,46	14,67	0,41	0,40	0,36	15,29	0,42	0,41	0,38
14a	12,54	0,35	0,34	0,32	12,22	0,34	0,33	0,31	11,88	0,33	0,32	0,30
14b	13,03	0,36	0,35	0,32	12,22	0,34	0,33	0,31	12,12	0,34	0,33	0,30
Max.	20,50	0,63	0,56	0,56	20,50	0,63	0,56	0,56	20,50	0,63	0,56	0,56
Média		0,39	0,38	0,36		0,39	0,38	0,36		0,39	0,38	0,36
% Ab		65%	65%	65%		43%	39%	53%		55%	48%	48%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.8 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 4 (BI 11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	7,44	0,42	0,41	0,30	12,31	0,69	0,68	0,50	12,34	0,69	0,68	0,50
2	11,08	0,62	0,61	0,49	11,26	0,63	0,62	0,50	11,23	0,63	0,62	0,50
3	7,92	0,44	0,44	0,32	9,92	0,56	0,55	0,40	11,02	0,62	0,61	0,45
4	14,30	0,80	0,81	0,68	12,19	0,68	0,74	0,62	12,68	0,71	0,76	0,63
5	11,17	0,63	0,64	0,47	12,07	0,68	0,67	0,49	13,33	0,75	0,74	0,54
6	17,65	0,99	1,09	0,97	17,65	0,99	1,09	0,97	17,65	0,99	1,09	0,97
7	8,81	0,49	0,49	0,36	9,92	0,56	0,55	0,40	9,39	0,53	0,52	0,38
8	9,32	0,52	0,52	0,38	12,07	0,68	0,67	0,49	9,52	0,53	0,53	0,39
9	8,22	0,46	0,45	0,33	12,19	0,68	0,67	0,49	11,26	0,63	0,62	0,46
10	11,53	0,65	0,77	0,87	11,26	0,63	0,75	0,86	11,31	0,63	0,76	0,86
11	12,84	0,72	0,92	1,11	12,31	0,69	0,90	1,09	10,01	0,56	0,80	0,96
12	14,73	0,83	0,92	0,93	12,07	0,68	0,82	0,83	12,53	0,70	0,83	0,85
13	16,12	0,90	0,92	0,76	12,31	0,69	0,79	0,65	12,93	0,73	0,81	0,67
14a	10,30	0,58	0,61	0,65	9,92	0,56	0,60	0,64	9,59	0,54	0,59	0,62
14b	10,79	0,61	0,62	0,60	9,92	0,56	0,59	0,57	9,86	0,55	0,59	0,57
Max.	17,65	0,99	1,09	1,11	17,65	0,99	1,09	1,09	17,65	0,99	1,09	0,97
Média		0,64	0,67	0,61		0,64	0,69	0,61		0,64	0,69	0,61
% Ab		65%	65%	51%		43%	65%	51%		55%	57%	51%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.9 – Dimensionamento Ex. 1: Alv. 5 (BI 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	8,14	0,33	0,33	0,27	13,04	0,53	0,53	0,43	13,08	0,53	0,53	0,44
2	11,78	0,48	0,48	0,39	12,00	0,49	0,49	0,40	11,97	0,49	0,49	0,40
3	8,65	0,35	0,35	0,29	10,64	0,43	0,43	0,35	11,74	0,48	0,48	0,39
4	15,06	0,61	0,61	0,52	12,97	0,53	0,53	0,48	13,46	0,55	0,55	0,49
5	11,87	0,48	0,48	0,40	12,81	0,52	0,52	0,43	14,08	0,57	0,57	0,47
6	18,54	0,76	0,75	0,71	18,54	0,76	0,75	0,71	18,54	0,76	0,75	0,71
7	9,67	0,39	0,39	0,32	10,64	0,43	0,43	0,35	10,17	0,42	0,41	0,34
8	10,07	0,41	0,41	0,34	12,81	0,52	0,52	0,43	10,24	0,42	0,42	0,34
9	9,04	0,37	0,37	0,30	12,97	0,53	0,53	0,43	12,05	0,49	0,49	0,40
10	12,33	0,50	0,54	0,64	12,00	0,49	0,53	0,63	12,06	0,49	0,53	0,63
11	13,63	0,56	0,64	0,77	13,04	0,53	0,62	0,75	10,76	0,44	0,56	0,67
12	15,50	0,63	0,63	0,66	12,81	0,52	0,56	0,59	13,27	0,54	0,57	0,60
13	16,87	0,69	0,69	0,56	13,04	0,53	0,53	0,49	13,67	0,56	0,56	0,50
14a	11,00	0,45	0,45	0,48	10,64	0,43	0,43	0,47	10,30	0,42	0,42	0,46
14b	11,49	0,47	0,47	0,45	10,64	0,43	0,43	0,43	10,57	0,43	0,43	0,43
Max.	18,54	0,76	0,75	0,77	18,54	0,76	0,75	0,75	18,54	0,76	0,75	0,71
Média		0,50	0,50	0,47		0,50	0,51	0,48		0,50	0,51	0,47
% Ab		65%	65%	51%		43%	39%	65%		55%	48%	65%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.2 Exemplo A – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.1 – Exemplo A – Edificação térrea.

Tabela B.10 – Carregamentos do Exemplo A

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	18,4	0,0	1,3	19,7	29,0	48,7	11,7	15,2	15,0
PAR 2	7,0	0,0	1,3	8,3	7,1	15,4	15,0	13,9	14,0
PAR 3	10,9	5,1	0,0	15,9	16,7	32,6	13,6	15,7	15,4
PAR 4	13,1	2,5	1,6	17,2	21,9	39,1	12,4	15,3	14,9
PAR 5	10,9	5,1	0,8	16,7	16,7	33,4	13,9	14,2	14,0
PAR 6	13,1	0,0	0,0	13,1	21,9	34,9	11,1	15,9	16,3
PAR 7	10,2	9,6	2,3	22,0	7,6	29,7	27,0	27,0	27,0
PAR 8	7,0	0,0	1,3	8,3	7,1	15,4	15,0	14,2	14,6
PAR 9	10,2	2,9	1,3	14,5	6,2	20,7	23,0	15,9	16,9
PAR 10	24,5	0,0	2,6	27,2	14,9	42,1	19,6	15,3	16,0
PAR 11	14,3	0,0	1,3	15,6	9,2	24,8	18,7	15,2	15,2
PAR 12	25,4	5,1	1,7	32,2	18,4	50,6	19,1	15,9	15,0
PAR 13	33,6	2,5	0,8	36,9	22,6	59,5	18,3	15,2	15,4
PAR 14	27,8	0,0	0,7	28,6	27,6	56,2	14,1	14,2	14,2
PAR 15	19,3	0,0	0,7	20,0	12,0	32,0	18,5	15,7	16,1
PAR 16	8,6	0,0	0,0	8,6	9,7	18,3	13,1	13,9	13,8
Pilar P1	0,0	12,5	0,0	12,5	2,1	14,6	48,6	48,6	48,6
TOTAL	254,1	45,3	17,8	317,2	250,7	567,8	27,0	27,0	27,0
(%)	44,76%	7,97%	3,13%	55,85%	44,15%	100,00%			

Tabela B.11 – Dimensionamento Ex. A: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	11,67	0,89	0,65	0,67	15,20	1,16	0,79	0,82	15,02	1,14	0,78	0,81
2	15,00	1,14	0,87	0,70	13,89	1,06	0,82	0,65	14,03	1,07	0,83	0,65
3	13,58	1,03	0,77	0,79	15,65	1,19	0,85	0,88	15,36	1,17	0,84	0,86
4	12,41	0,94	0,61	0,63	15,31	1,17	0,76	0,73	14,85	1,13	0,74	0,71
5	13,90	1,06	0,79	0,82	14,18	1,08	0,80	0,83	14,02	1,07	0,80	0,82
6	11,09	0,84	0,64	0,68	15,85	1,21	0,84	0,89	16,30	1,24	0,86	0,91
7	26,98	2,05	1,65	1,65	26,98	2,05	1,65	1,65	26,98	2,05	1,65	1,65
8	15,00	1,14	0,87	0,70	14,18	1,08	0,83	0,66	14,57	1,11	0,85	0,68
9	23,01	1,75	1,49	1,07	15,85	1,21	1,21	0,87	16,93	1,29	1,26	0,90
10	19,57	1,49	1,29	1,38	15,31	1,17	1,12	1,20	15,99	1,22	1,15	1,23
11	18,73	1,43	1,24	1,01	15,20	1,16	1,10	0,90	15,20	1,16	1,10	0,90
12	19,09	1,45	1,12	1,13	15,85	1,21	1,00	1,02	14,97	1,14	0,97	0,98
13	18,30	1,39	1,01	1,04	15,20	1,16	0,90	0,93	15,45	1,18	0,91	0,94
14	14,13	1,08	0,83	0,87	14,18	1,08	0,84	0,88	14,17	1,08	0,84	0,88
15	18,54	1,41	1,07	1,09	15,65	1,19	0,97	0,99	16,06	1,22	0,99	1,00
16	13,07	0,99	0,92	0,88	13,89	1,06	0,96	0,91	13,78	1,05	0,96	0,91
Max.	26,98	2,05	1,65	1,65	26,98	2,05	1,65	1,65	26,98	2,05	1,65	1,65
Média		1,18	0,91	0,90		1,18	0,91	0,91		1,18	0,91	0,91
% Ab		63%	59%	63%		67%	69%	66%		75%	69%	57%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.12 – Dimensionamento Ex. A: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	8,89	0,93	1,20	0,72	12,40	1,30	1,51	0,90	12,21	1,28	1,49	0,89
2	11,85	1,24	1,59	0,67	11,02	1,16	1,52	0,64	11,13	1,17	1,53	0,65
3	10,92	1,15	1,49	0,89	12,92	1,36	1,66	0,99	12,64	1,33	1,64	0,97
4	9,55	1,00	1,08	0,63	12,35	1,30	1,29	0,75	11,91	1,25	1,26	0,73
5	11,12	1,17	1,53	0,91	11,37	1,19	1,55	0,92	11,26	1,18	1,54	0,91
6	8,43	0,88	1,16	0,70	13,02	1,37	1,59	0,95	13,45	1,41	1,63	0,98
7	23,53	2,47	3,24	1,89	23,53	2,47	3,24	1,89	23,53	2,47	3,24	1,89
8	11,85	1,24	1,59	0,67	11,37	1,19	1,55	0,65	11,63	1,22	1,57	0,66
9	19,79	2,08	3,00	1,17	13,02	1,37	2,43	0,94	13,99	1,47	2,51	0,97
10	16,45	1,73	2,54	1,52	12,35	1,30	2,17	1,30	13,00	1,36	2,23	1,33
11	15,69	1,65	2,51	1,11	12,40	1,30	2,20	0,97	12,29	1,29	2,19	0,97
12	16,18	1,70	2,21	1,29	13,02	1,37	1,96	1,15	12,18	1,28	1,89	1,11
13	15,55	1,63	1,96	1,14	12,40	1,30	1,73	1,00	12,68	1,33	1,75	1,02
14	11,40	1,20	1,58	0,94	11,37	1,19	1,57	0,93	11,37	1,19	1,57	0,93
15	15,71	1,65	2,14	1,25	12,92	1,36	1,92	1,12	13,31	1,40	1,95	1,14
16	10,41	1,09	ND	1,21	11,02	1,16	ND	1,25	10,94	1,15	ND	1,24
Max.	23,53	2,47	ND	1,89	23,53	2,47	ND	1,89	23,53	2,47	ND	1,89
Média		1,32	ND	0,99		1,32	ND	1,00		1,32	ND	1,00
% Ab		63%	ND	59%		67%	ND	66%		59%	ND	66%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.13 – Dimensionamento Ex. A: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	11,91	0,33	0,32	0,29	15,44	0,43	0,42	0,38	15,25	0,42	0,41	0,37
2	15,26	0,42	0,41	0,37	14,13	0,39	0,38	0,35	14,28	0,40	0,39	0,35
3	13,80	0,38	0,37	0,34	15,88	0,44	0,43	0,39	15,59	0,43	0,42	0,38
4	12,65	0,35	0,34	0,31	15,56	0,43	0,42	0,38	15,10	0,42	0,41	0,37
5	14,14	0,39	0,38	0,35	14,41	0,40	0,39	0,35	14,25	0,39	0,39	0,35
6	11,32	0,31	0,31	0,28	16,09	0,45	0,44	0,40	16,54	0,46	0,45	0,41
7	27,27	0,76	0,74	0,67	27,27	0,76	0,74	0,67	27,27	0,76	0,74	0,67
8	15,26	0,42	0,41	0,37	14,41	0,40	0,39	0,35	14,81	0,41	0,40	0,36
9	23,28	0,72	0,63	0,57	16,09	0,50	0,45	0,42	17,17	0,53	0,47	0,43
10	19,84	0,55	0,54	0,49	15,56	0,43	0,42	0,40	16,24	0,45	0,44	0,41
11	18,99	0,53	0,52	0,47	15,44	0,43	0,42	0,39	15,45	0,43	0,42	0,39
12	19,33	0,54	0,52	0,47	16,09	0,45	0,44	0,40	15,20	0,42	0,41	0,37
13	18,53	0,51	0,50	0,46	15,44	0,43	0,42	0,38	15,68	0,43	0,43	0,39
14	14,36	0,40	0,39	0,35	14,41	0,40	0,39	0,35	14,41	0,40	0,39	0,35
15	18,77	0,52	0,51	0,46	15,88	0,44	0,43	0,39	16,29	0,45	0,44	0,40
16	13,29	0,37	0,36	0,34	14,13	0,39	0,38	0,36	14,02	0,39	0,38	0,35
Max.	27,27	0,76	0,74	0,67	27,27	0,76	0,74	0,67	27,27	0,76	0,74	0,67
Média		0,44	0,43	0,39		0,44	0,43	0,39		0,44	0,43	0,39
% Ab		63%	63%	63%		67%	67%	57%		75%	75%	71%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.14 – Dimensionamento Ex. A: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	9,57	0,54	0,53	0,44	13,08	0,73	0,72	0,55	12,89	0,72	0,71	0,54
2	12,61	0,71	0,70	0,51	11,71	0,66	0,66	0,48	11,83	0,66	0,67	0,48
3	11,56	0,65	0,64	0,54	13,58	0,76	0,75	0,60	13,30	0,75	0,74	0,59
4	10,24	0,58	0,57	0,42	13,07	0,73	0,72	0,53	12,62	0,71	0,70	0,51
5	11,79	0,66	0,65	0,54	12,05	0,68	0,67	0,54	11,93	0,67	0,66	0,54
6	9,08	0,51	0,50	0,37	13,71	0,77	0,76	0,56	14,14	0,79	0,78	0,57
7	24,36	1,37	1,41	1,18	24,36	1,37	1,41	1,18	24,36	1,37	1,41	1,18
8	12,61	0,71	0,70	0,51	12,05	0,68	0,68	0,49	12,34	0,69	0,69	0,50
9	20,57	1,15	1,24	0,83	13,71	0,77	1,01	0,70	14,70	0,83	1,04	0,70
10	17,21	0,97	1,03	0,91	13,07	0,73	0,89	0,78	13,72	0,77	0,91	0,80
11	16,43	0,92	1,00	0,75	13,08	0,73	0,88	0,66	13,00	0,73	0,88	0,66
12	16,88	0,95	0,95	0,80	13,71	0,77	0,84	0,71	12,85	0,72	0,82	0,69
13	16,22	0,91	0,90	0,74	13,08	0,73	0,77	0,65	13,35	0,75	0,78	0,66
14	12,06	0,68	0,67	0,57	12,05	0,68	0,67	0,57	12,05	0,68	0,67	0,57
15	16,39	0,92	0,92	0,75	13,58	0,76	0,82	0,67	13,98	0,78	0,84	0,68
16	11,05	0,62	0,67	0,62	11,71	0,66	0,70	0,64	11,63	0,65	0,70	0,64
Max.	24,36	1,37	1,41	1,18	24,36	1,37	1,41	1,18	24,36	1,37	1,41	1,18
Média		0,75	0,75	0,61		0,75	0,78	0,62		0,75	0,78	0,62
% Ab		63%	63%	59%		67%	72%	59%		59%	55%	59%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.15 – Dimensionamento Ex. A: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	10,30	0,42	0,42	0,34	13,82	0,56	0,56	0,46	13,63	0,56	0,55	0,45
2	13,44	0,55	0,55	0,45	12,47	0,51	0,51	0,42	12,60	0,51	0,51	0,42
3	12,26	0,50	0,50	0,41	14,30	0,58	0,58	0,48	14,01	0,57	0,57	0,47
4	10,99	0,45	0,45	0,37	13,85	0,57	0,56	0,46	13,39	0,55	0,55	0,45
5	12,53	0,51	0,51	0,42	12,79	0,52	0,52	0,43	12,65	0,52	0,51	0,42
6	9,78	0,40	0,40	0,33	14,45	0,59	0,59	0,48	14,89	0,61	0,61	0,50
7	25,27	1,03	1,03	0,90	25,27	1,03	1,03	0,90	25,27	1,03	1,03	0,90
8	13,44	0,55	0,55	0,45	12,79	0,52	0,52	0,43	13,11	0,54	0,53	0,44
9	21,42	0,87	0,87	0,71	14,45	0,59	0,67	0,57	15,47	0,63	0,70	0,57
10	18,03	0,74	0,73	0,69	13,85	0,57	0,61	0,59	14,51	0,59	0,62	0,61
11	17,23	0,70	0,70	0,60	13,82	0,56	0,59	0,53	13,76	0,56	0,59	0,53
12	17,65	0,72	0,72	0,59	14,45	0,59	0,59	0,53	13,59	0,55	0,55	0,51
13	16,94	0,69	0,69	0,57	13,82	0,56	0,56	0,50	14,08	0,57	0,57	0,51
14	12,78	0,52	0,52	0,43	12,79	0,52	0,52	0,43	12,79	0,52	0,52	0,43
15	17,14	0,70	0,70	0,57	14,30	0,58	0,58	0,49	14,70	0,60	0,60	0,50
16	11,75	0,48	0,48	0,47	12,47	0,51	0,51	0,49	12,37	0,50	0,50	0,49
Max.	25,27	1,03	1,03	0,90	25,27	1,03	1,03	0,90	25,27	1,03	1,03	0,90
Média		0,57	0,57	0,48		0,57	0,58	0,49		0,57	0,58	0,49
% Ab		63%	63%	63%		67%	57%	68%		66%	71%	55%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.3 Exemplo B – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.2- Exemplo B – Edificação térrea.

Tabela B.16 – Carregamentos do Exemplo B

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	5,4	0,0	12,3	17,7	20,8	38,5	12,8	13,4	13,6
PAR 2	3,7	0,0	11,2	14,9	9,4	24,3	18,0	13,4	16,1
PAR 3	8,0	0,0	12,8	20,7	20,8	41,6	13,9	13,4	13,3
PAR 4	4,4	0,0	10,4	14,8	17,4	32,2	12,9	13,4	15,1
PAR 5	5,4	0,0	1,3	6,7	4,7	11,4	16,9	13,4	14,5
PAR 6	7,1	0,0	1,7	8,8	7,1	15,9	15,5	15,9	15,8
PAR 7	2,7	6,3	1,7	10,7	3,8	14,5	26,4	17,9	21,3
PAR 8	5,9	0,0	0,0	5,9	10,9	16,8	10,7	13,4	12,6
PAR 9	16,5	0,0	7,6	24,1	26,7	50,8	13,2	13,4	12,7
PAR 10	22,1	0,0	3,9	26,0	19,8	45,8	16,1	15,9	16,0
PAR 11	21,6	0,0	3,4	25,0	18,7	43,7	16,2	17,9	17,2
PAR 12	26,5	11,6	2,3	40,4	19,8	60,2	21,1	21,1	21,1
PAR 13	5,9	2,6	0,0	8,5	10,9	19,5	12,4	13,4	12,8
PAR 14	14,7	2,6	7,6	25,0	26,7	51,7	13,4	13,4	12,5
TOTAL	150,0	23,1	76,1	249,2	217,7	466,9	26,4	21,1	21,3
(%)	32,12%	4,95%	16,31%	53,37%	46,63%	100,00%			

Tabela B.17 – Dimensionamento Ex. B: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	12,83	0,98	0,69	0,71	13,42	1,02	0,71	0,73	13,60	1,03	0,72	0,74
2	17,97	1,37	1,05	1,10	13,42	1,02	0,89	0,92	16,12	1,23	0,99	1,03
3	13,86	1,05	0,79	0,82	13,42	1,02	0,77	0,80	13,27	1,01	0,77	0,79
4	12,87	0,98	0,69	0,71	13,42	1,02	0,72	0,73	15,10	1,15	0,78	0,79
5	16,89	1,29	1,06	0,79	13,42	1,02	0,92	0,63	14,52	1,10	0,97	0,68
6	15,53	1,18	1,04	0,82	15,92	1,21	1,05	0,84	15,79	1,20	1,05	0,83
7	26,37	2,01	1,72	1,23	17,91	1,36	1,40	0,96	21,28	1,62	1,52	0,99
8	10,71	0,81	0,53	0,51	13,42	1,02	0,66	0,63	12,62	0,96	0,62	0,59
9	13,21	1,01	0,82	0,87	13,42	1,02	0,83	0,88	12,66	0,96	0,80	0,85
10	16,06	1,22	1,00	1,03	15,92	1,21	0,99	1,03	15,96	1,21	1,00	1,03
11	16,19	1,23	1,01	1,04	17,91	1,36	1,08	1,11	17,23	1,31	1,05	1,09
12	21,13	1,61	1,21	1,24	21,13	1,61	1,21	1,24	21,13	1,61	1,21	1,24
13	12,37	0,94	0,61	0,62	13,42	1,02	0,66	0,66	12,81	0,97	0,63	0,64
14	13,43	1,02	0,81	0,85	13,42	1,02	0,81	0,85	12,49	0,95	0,78	0,81
Max.	26,37	2,01	1,72	1,24	21,13	1,61	1,40	1,24	21,28	1,62	1,52	1,24
Média		1,13	0,88	0,88		1,13	0,88	0,88		1,13	0,88	0,88
% Ab		62%	62%	67%		68%	62%	67%		56%	62%	67%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.18 – Dimensionamento Ex. B: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	8,60	0,90	1,10	0,65	9,72	1,02	1,19	0,71	9,71	1,02	1,19	0,71
2	13,56	1,42	1,87	1,10	9,72	1,02	1,55	0,92	11,50	1,21	1,70	1,00
3	9,56	1,00	1,32	0,79	9,72	1,02	1,33	0,80	9,19	0,96	1,28	0,77
4	8,62	0,90	1,10	0,65	9,72	1,02	1,20	0,71	10,83	1,14	1,29	0,77
5	13,49	1,42	2,01	0,70	9,72	1,02	1,68	0,58	11,28	1,18	1,82	0,63
6	12,23	1,28	1,95	0,86	12,95	1,36	2,02	0,89	12,72	1,33	2,00	0,88
7	22,53	2,36	3,33	1,17	14,95	1,57	2,71	1,01	17,97	1,89	2,96	1,02
8	8,05	0,84	0,86	0,50	9,72	1,02	0,99	0,57	9,53	1,00	0,97	0,56
9	9,79	1,03	1,48	0,89	9,72	1,02	1,47	0,89	9,15	0,96	1,42	0,86
10	13,21	1,39	1,96	1,17	12,95	1,36	1,94	1,16	13,04	1,37	1,95	1,16
11	13,41	1,41	2,00	1,19	14,95	1,57	2,13	1,28	14,34	1,50	2,08	1,24
12	18,16	1,91	2,34	1,36	18,16	1,91	2,34	1,36	18,16	1,91	2,34	1,36
13	9,71	1,02	1,11	0,64	9,72	1,02	1,11	0,64	9,78	1,03	1,11	0,65
14	10,01	1,05	1,46	0,87	9,72	1,02	1,43	0,86	9,12	0,96	1,37	0,82
Max.	22,53	2,36	3,33	1,36	18,16	1,91	2,71	1,36	18,16	1,91	2,96	1,36
Média		1,20	1,59	0,91		1,20	1,59	0,91		1,20	1,59	0,91
% Ab		62%	62%	67%		68%	66%	67%		64%	62%	67%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.19 – Dimensionamento Ex. B: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	13,19	0,37	0,36	0,32	13,73	0,38	0,37	0,34	13,92	0,39	0,38	0,34
2	18,34	0,51	0,50	0,45	13,73	0,38	0,37	0,34	16,50	0,46	0,45	0,41
3	14,22	0,39	0,39	0,35	13,73	0,38	0,37	0,34	13,61	0,38	0,37	0,33
4	13,22	0,37	0,36	0,32	13,73	0,38	0,37	0,34	15,46	0,43	0,42	0,38
5	17,18	0,53	0,52	0,42	13,73	0,42	0,41	0,34	14,79	0,46	0,44	0,36
6	15,80	0,44	0,43	0,39	16,17	0,45	0,44	0,40	16,05	0,44	0,44	0,39
7	26,69	0,82	0,80	0,66	18,16	0,56	0,61	0,50	21,56	0,66	0,66	0,53
8	10,93	0,30	0,30	0,27	13,73	0,38	0,37	0,34	12,88	0,36	0,35	0,32
9	13,50	0,37	0,37	0,33	13,73	0,38	0,37	0,34	12,96	0,36	0,35	0,32
10	16,30	0,45	0,44	0,40	16,17	0,45	0,44	0,40	16,21	0,45	0,44	0,40
11	16,43	0,45	0,45	0,40	18,16	0,50	0,49	0,45	17,47	0,48	0,47	0,43
12	21,38	0,59	0,58	0,53	21,38	0,59	0,58	0,53	21,38	0,59	0,58	0,53
13	12,60	0,35	0,34	0,31	13,73	0,38	0,37	0,34	13,07	0,36	0,35	0,32
14	13,72	0,38	0,37	0,34	13,73	0,38	0,37	0,34	12,77	0,35	0,35	0,31
Max.	26,69	0,82	0,80	0,66	21,38	0,59	0,61	0,53	21,56	0,66	0,66	0,53
Média		0,42	0,41	0,37		0,42	0,42	0,37		0,42	0,41	0,37
% Ab		62%	62%	62%		66%	68%	68%		54%	54%	56%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.20 – Dimensionamento Ex. B: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	9,63	0,54	0,53	0,41	10,61	0,60	0,59	0,44	10,65	0,60	0,59	0,44
2	14,63	0,82	0,82	0,68	10,61	0,60	0,68	0,56	12,62	0,71	0,75	0,62
3	10,60	0,60	0,59	0,48	10,61	0,60	0,59	0,48	10,18	0,57	0,56	0,47
4	9,65	0,54	0,53	0,41	10,61	0,60	0,59	0,44	11,86	0,67	0,66	0,48
5	14,31	0,80	0,83	0,58	10,61	0,60	0,70	0,46	12,07	0,68	0,75	0,50
6	13,03	0,73	0,79	0,59	13,67	0,77	0,81	0,61	13,47	0,76	0,81	0,60
7	23,46	1,46	1,41	0,95	15,67	0,98	1,15	0,80	18,77	1,17	1,25	0,80
8	8,69	0,49	0,48	0,35	10,61	0,60	0,59	0,43	10,28	0,58	0,57	0,42
9	10,62	0,60	0,60	0,57	10,61	0,60	0,60	0,57	10,00	0,56	0,57	0,54
10	13,90	0,78	0,80	0,71	13,67	0,77	0,79	0,70	13,75	0,77	0,79	0,70
11	14,08	0,79	0,81	0,72	15,67	0,88	0,87	0,77	15,04	0,84	0,85	0,75
12	18,88	1,06	1,06	0,88	18,88	1,06	1,06	0,88	18,88	1,06	1,06	0,88
13	10,36	0,58	0,57	0,42	10,61	0,60	0,59	0,43	10,51	0,59	0,58	0,43
14	10,84	0,61	0,60	0,54	10,61	0,60	0,59	0,53	9,93	0,56	0,57	0,51
Max.	23,46	1,46	1,41	0,95	18,88	1,06	1,15	0,88	18,88	1,17	1,25	0,88
Média		0,69	0,69	0,58		0,69	0,70	0,58		0,69	0,70	0,58
% Ab		62%	62%	62%		68%	66%	68%		64%	62%	64%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.21 – Dimensionamento Ex. B: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	10,74	0,44	0,44	0,36	11,59	0,47	0,47	0,39	11,67	0,48	0,48	0,39
2	15,79	0,64	0,64	0,53	11,59	0,47	0,48	0,45	13,83	0,56	0,56	0,49
3	11,73	0,48	0,48	0,39	11,59	0,47	0,47	0,39	11,25	0,46	0,46	0,38
4	10,76	0,44	0,44	0,36	11,59	0,47	0,47	0,39	12,98	0,53	0,53	0,43
5	15,21	0,69	0,62	0,51	11,59	0,53	0,49	0,39	12,92	0,59	0,53	0,43
6	13,90	0,57	0,57	0,48	14,45	0,59	0,59	0,49	14,27	0,58	0,58	0,49
7	24,47	1,11	1,41	0,82	16,45	0,75	1,15	0,66	19,64	0,89	1,26	0,66
8	9,39	0,38	0,38	0,31	11,59	0,47	0,47	0,39	11,09	0,45	0,45	0,37
9	11,52	0,47	0,47	0,40	11,59	0,47	0,47	0,40	10,93	0,45	0,44	0,38
10	14,65	0,60	0,60	0,52	14,45	0,59	0,59	0,51	14,52	0,59	0,59	0,52
11	14,81	0,60	0,60	0,53	16,45	0,67	0,67	0,56	15,80	0,64	0,64	0,55
12	19,66	0,80	0,80	0,67	19,66	0,80	0,80	0,67	19,66	0,80	0,80	0,67
13	11,06	0,45	0,45	0,37	11,59	0,47	0,47	0,39	11,31	0,46	0,46	0,38
14	11,74	0,48	0,48	0,42	11,59	0,47	0,47	0,41	10,82	0,44	0,44	0,40
Max.	24,47	1,11	1,41	0,82	19,66	0,80	1,15	0,67	19,66	0,89	1,26	0,67
Média		0,54	0,54	0,45		0,54	0,55	0,46		0,54	0,54	0,45
% Ab		62%	62%	62%		68%	68%	68%		62%	64%	64%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.4 Exemplo C – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.3- Exemplo C – Edificação térrea.

Tabela B.22 – Carregamentos do Exemplo C

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	27,5	0,0	1,0	28,5	20,8	49,4	16,5	16,3	16,4
PAR 2	11,4	0,0	1,4	12,8	6,8	19,6	20,1	14,3	16,1
PAR 3	1,8	0,0	0,4	2,2	2,3	4,5	13,7	12,7	13,0
PAR 4	25,3	0,0	1,2	26,4	15,5	41,9	18,8	15,1	15,1
PAR 5	25,6	0,0	11,9	37,6	15,5	53,0	23,8	16,6	16,8
PAR 6	10,2	0,0	1,0	11,3	6,8	18,0	18,5	15,1	15,0
PAR 7	20,5	0,0	2,1	22,5	13,5	36,1	18,5	16,6	14,1
PAR 8	10,2	0,0	1,0	11,3	6,8	18,0	18,5	12,7	14,6
PAR 9	13,8	0,0	0,4	14,3	21,9	36,1	11,5	15,1	15,2
PAR 10	7,1	0,0	1,9	8,9	5,2	14,1	18,9	18,9	18,9
PAR 11	4,9	0,0	1,0	5,9	4,7	10,6	15,7	16,3	16,1
PAR 12	9,6	0,0	0,4	10,0	21,4	31,4	10,2	16,6	18,1
PAR 13	12,4	0,0	0,8	13,3	17,7	31,0	12,1	14,3	13,7
PAR 14	12,8	0,0	0,4	13,1	21,9	35,0	11,1	12,7	13,0
PAR 15	18,7	0,0	1,1	19,8	25,3	45,1	12,4	12,7	11,8
TOTAL	211,8	0,0	26,1	238,0	205,9	443,8	23,8	18,9	18,9
(%)	47,73%	0,00%	5,88%	53,61%	46,39%	100,00%			

Tabela B.23 – Dimensionamento Ex. C: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	16,45	1,25	1,23	1,47	16,32	1,24	1,22	1,47	16,37	1,25	1,23	1,47
2	20,06	1,53	2,36	2,90	14,34	1,09	1,95	2,40	16,10	1,23	2,08	2,56
3	13,72	1,16	5,54	0,84	12,67	1,07	5,26	0,80	13,04	1,10	5,36	0,82
4	18,82	1,43	1,11	1,12	15,13	1,15	0,98	0,98	15,13	1,15	0,98	0,98
5	23,83	1,81	1,39	1,42	16,62	1,26	1,15	1,17	16,77	1,28	1,15	1,18
6	18,51	1,41	1,19	0,90	15,13	1,15	1,05	0,80	14,97	1,14	1,05	0,79
7	18,51	1,41	1,19	1,23	16,62	1,26	1,11	1,16	14,11	1,07	1,01	1,05
8	18,51	1,41	1,19	0,90	12,67	0,96	0,96	0,72	14,62	1,11	1,04	0,78
9	11,47	0,87	0,64	0,66	15,13	1,15	0,78	0,81	15,17	1,15	0,78	0,81
10	18,86	1,44	1,16	1,21	18,86	1,44	1,16	1,21	18,86	1,44	1,16	1,21
11	15,75	1,20	0,93	0,73	16,32	1,24	0,95	0,76	16,10	1,23	0,95	0,75
12	10,20	0,78	0,50	0,49	16,62	1,26	0,82	0,78	18,10	1,38	0,90	0,84
13	12,15	0,92	0,68	0,71	14,34	1,09	0,77	0,80	13,66	1,04	0,74	0,77
14	11,11	0,85	0,57	0,58	12,67	0,96	0,63	0,64	13,04	0,99	0,65	0,65
15	12,37	0,94	0,63	0,65	12,67	0,96	0,64	0,66	11,80	0,90	0,61	0,63
Max.	23,83	1,81	5,54	2,90	18,86	1,44	5,26	2,40	18,86	1,44	5,36	2,56
Média		1,18	1,02	1,00		1,16	1,02	0,99		1,16	1,02	1,00
% Ab		48%	49%	58%		56%	62%	66%		60%	65%	66%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.24 – Dimensionamento Ex. C: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	13,66	1,43	ND	1,68	13,45	1,41	ND	1,66	13,53	1,42	ND	1,67
2	16,84	1,77	ND	3,43	11,43	1,20	ND	2,80	13,10	1,37	ND	2,99
3	10,59	1,23	ND	0,84	9,88	1,15	ND	0,80	10,09	1,18	ND	0,81
4	15,97	1,68	2,18	1,27	12,31	1,29	1,89	1,11	12,34	1,30	1,89	1,11
5	20,83	2,19	2,74	1,59	13,72	1,44	2,22	1,28	13,92	1,46	2,23	1,29
6	15,44	1,62	2,36	0,91	12,31	1,29	2,08	0,80	12,08	1,27	2,06	0,79
7	15,44	1,62	2,36	1,41	13,72	1,44	2,21	1,32	11,22	1,18	1,98	1,19
8	15,44	1,62	2,36	0,91	9,88	1,04	1,86	0,72	11,74	1,23	2,03	0,78
9	8,76	0,92	1,17	0,70	12,31	1,29	1,49	0,89	12,36	1,30	1,49	0,89
10	15,24	1,60	2,14	1,26	15,24	1,60	2,14	1,26	15,24	1,60	2,14	1,26
11	12,49	1,31	1,76	0,65	13,45	1,41	1,84	0,70	13,08	1,37	1,81	0,68
12	7,49	0,79	0,84	0,49	13,72	1,44	1,33	0,78	15,17	1,59	1,45	0,85
13	9,36	0,98	1,28	0,77	11,43	1,20	1,46	0,88	10,79	1,13	1,41	0,84
14	8,41	0,88	1,02	0,60	9,88	1,04	1,14	0,67	10,25	1,07	1,17	0,69
15	9,59	1,01	1,13	0,66	9,88	1,04	1,15	0,67	9,04	0,95	1,09	0,63
Max.	20,83	2,19	ND	3,43	15,24	1,60	ND	2,80	15,24	1,60	ND	2,99
Média		1,32	ND	1,09		1,30	ND	1,08		1,29	ND	1,08
% Ab		51%	ND	58%		56%	ND	58%		39%	ND	58%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.25 – Dimensionamento Ex. C: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	16,69	0,46	0,45	0,49	16,57	0,46	0,45	0,49	16,61	0,46	0,45	0,49
2	20,33	0,56	0,89	0,95	14,58	0,40	0,73	0,79	16,36	0,45	0,78	0,84
3	13,98	0,43	0,45	0,44	12,91	0,40	0,43	0,42	13,29	0,41	0,44	0,43
4	19,07	0,53	0,52	0,47	15,36	0,43	0,42	0,38	15,36	0,43	0,42	0,38
5	24,08	0,67	0,65	0,59	16,86	0,47	0,46	0,44	17,00	0,47	0,46	0,45
6	18,77	0,52	0,51	0,46	15,36	0,43	0,42	0,38	15,21	0,42	0,41	0,37
7	18,77	0,52	0,51	0,46	16,86	0,47	0,46	0,41	14,35	0,40	0,39	0,37
8	18,77	0,52	0,51	0,46	12,91	0,36	0,35	0,33	14,87	0,41	0,40	0,37
9	11,70	0,32	0,32	0,29	15,36	0,43	0,42	0,38	15,41	0,43	0,42	0,38
10	19,16	0,59	0,57	0,47	19,16	0,59	0,57	0,47	19,16	0,59	0,57	0,47
11	16,02	0,49	0,48	0,39	16,57	0,51	0,50	0,41	16,35	0,50	0,49	0,40
12	10,43	0,29	0,28	0,26	16,86	0,47	0,46	0,41	18,35	0,51	0,50	0,45
13	12,38	0,34	0,34	0,30	14,58	0,40	0,40	0,36	13,90	0,39	0,38	0,34
14	11,34	0,31	0,31	0,28	12,91	0,36	0,35	0,32	13,28	0,37	0,36	0,33
15	12,60	0,35	0,34	0,31	12,91	0,36	0,35	0,32	12,03	0,33	0,33	0,30
Max.	24,08	0,67	0,89	0,95	19,16	0,59	0,73	0,79	19,16	0,59	0,78	0,84
Média		0,44	0,44	0,41		0,43	0,44	0,41		0,43	0,44	0,41
% Ab		48%	47%	49%		56%	52%	54%		60%	58%	61%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.26 – Dimensionamento Ex. C: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	14,34	0,80	0,93	0,99	14,14	0,79	0,92	0,98	14,22	0,80	0,93	0,99
2	17,62	0,99	1,47	2,13	12,13	0,68	1,23	1,74	13,83	0,78	1,28	1,86
3	11,35	0,71	ND	0,66	10,55	0,66	ND	0,63	10,81	0,67	ND	0,64
4	16,66	0,94	0,93	0,79	12,99	0,73	0,81	0,69	13,02	0,73	0,81	0,69
5	21,56	1,21	1,21	1,03	14,42	0,81	0,98	0,83	14,61	0,82	0,99	0,84
6	16,18	0,91	0,96	0,68	12,99	0,73	0,85	0,60	12,78	0,72	0,84	0,59
7	16,18	0,91	0,96	0,85	14,42	0,81	0,90	0,79	11,92	0,67	0,81	0,71
8	16,18	0,91	0,96	0,68	10,55	0,59	0,76	0,54	12,44	0,70	0,83	0,58
9	9,41	0,53	0,52	0,38	12,99	0,73	0,72	0,53	13,04	0,73	0,72	0,53
10	16,12	0,90	0,94	0,78	16,12	0,90	0,94	0,78	16,12	0,90	0,94	0,78
11	13,28	0,75	0,74	0,54	14,14	0,79	0,78	0,57	13,81	0,78	0,76	0,56
12	8,15	0,46	0,45	0,33	14,42	0,81	0,80	0,59	15,88	0,89	0,88	0,64
13	10,04	0,56	0,56	0,45	12,13	0,68	0,67	0,51	11,49	0,64	0,64	0,49
14	9,06	0,51	0,50	0,38	10,55	0,59	0,58	0,43	10,92	0,61	0,60	0,44
15	10,26	0,58	0,57	0,42	10,55	0,59	0,58	0,43	9,71	0,55	0,54	0,40
Max.	21,56	1,21	ND	2,13	16,12	0,90	ND	1,74	16,12	0,90	ND	1,86
Média		0,74	ND	0,68		0,73	ND	0,69		0,73	ND	0,69
% Ab		48%	ND	58%		56%	ND	66%		48%	ND	66%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.27 – Dimensionamento Ex. C: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	15,07	0,62	0,62	0,72	14,90	0,61	0,61	0,72	14,97	0,61	0,61	0,72
2	18,47	0,75	1,06	1,38	12,90	0,53	0,87	1,14	14,62	0,60	0,93	1,21
3	12,17	0,55	0,89	0,56	11,29	0,51	0,84	0,54	11,58	0,53	0,86	0,54
4	17,41	0,71	0,71	0,58	13,73	0,56	0,56	0,51	13,75	0,56	0,56	0,51
5	22,35	0,91	0,91	0,78	15,18	0,62	0,68	0,64	15,36	0,63	0,68	0,64
6	16,99	0,69	0,69	0,57	13,73	0,56	0,57	0,49	13,54	0,55	0,57	0,48
7	16,99	0,69	0,69	0,59	15,18	0,62	0,62	0,55	12,68	0,52	0,55	0,50
8	16,99	0,69	0,69	0,57	11,29	0,46	0,51	0,44	13,20	0,54	0,56	0,48
9	10,13	0,41	0,41	0,34	13,73	0,56	0,56	0,46	13,78	0,56	0,56	0,46
10	17,07	0,70	0,69	0,59	17,07	0,70	0,69	0,59	17,07	0,70	0,69	0,59
11	14,14	0,64	0,58	0,47	14,90	0,68	0,61	0,50	14,60	0,66	0,59	0,49
12	8,86	0,36	0,36	0,30	15,18	0,62	0,62	0,51	16,65	0,68	0,68	0,55
13	10,77	0,44	0,44	0,36	12,90	0,53	0,52	0,43	12,24	0,50	0,50	0,41
14	9,78	0,40	0,40	0,33	11,29	0,46	0,46	0,38	11,66	0,48	0,47	0,39
15	10,99	0,45	0,45	0,37	11,29	0,46	0,46	0,38	10,44	0,43	0,42	0,35
Max.	22,35	0,91	1,06	1,38	17,07	0,70	0,87	1,14	17,07	0,70	0,93	1,21
Média		0,57	0,59	0,53		0,57	0,59	0,54		0,56	0,59	0,54
% Ab		48%	49%	49%		56%	51%	66%		60%	58%	61%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.5 Exemplo D – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.4- Exemplo D – Edificação térrea.

Tabela B.28 – Carregamentos do Exemplo D

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	27,5	0,0	1,0	28,5	20,8	49,4	16,5	16,3	16,4
PAR 2	11,4	0,0	1,4	12,8	6,8	19,6	20,1	14,3	16,1
PAR 3	7,7	0,0	1,4	9,1	9,0	18,1	14,0	15,1	14,8
PAR 4	5,9	0,0	1,0	6,9	6,8	13,7	14,0	15,1	13,0
PAR 5	26,3	0,0	1,2	27,4	15,5	42,9	19,3	15,2	15,2
PAR 6	25,6	0,0	11,6	37,2	15,5	52,6	23,7	15,1	17,6
PAR 7	14,8	0,0	0,7	15,5	14,9	30,4	14,2	15,1	13,2
PAR 8	8,3	0,0	1,0	9,3	4,7	14,0	20,8	15,2	15,9
PAR 9	8,9	0,0	2,7	11,5	1,7	13,3	53,1	53,1	53,1
PAR 10	11,9	0,0	1,5	13,4	6,8	20,1	20,6	13,8	16,1
PAR 11	20,5	0,0	2,1	22,5	13,5	36,1	18,5	14,7	15,4
PAR 12	10,2	0,0	1,0	11,3	6,8	18,0	18,5	15,1	14,0
PAR 13	12,8	0,0	0,4	13,2	21,9	35,1	11,1	15,2	15,0
PAR 14	7,2	0,0	1,9	9,0	5,2	14,2	19,0	19,0	19,0
PAR 15	4,9	0,0	1,0	5,9	4,7	10,6	15,7	16,3	16,1
PAR 16	13,2	0,0	1,6	14,8	21,9	36,7	11,6	13,8	17,3
PAR 17	12,4	0,0	0,8	13,3	17,7	31,0	12,1	14,3	13,7
PAR 18	14,8	0,0	2,3	17,1	21,9	39,0	12,4	14,7	14,3
PAR 19	21,4	0,0	0,8	22,2	17,7	39,9	15,7	15,1	15,2
PAR 20	11,8	0,0	0,0	11,8	21,9	33,7	10,7	15,1	13,9
PAR 21	24,4	0,0	0,0	24,4	25,3	49,8	13,6	15,1	12,9
TOTAL	301,7	0,0	35,6	337,2	280,9	618,1	53,1	53,1	53,1
(%)	48,81%	0,00%	5,75%	54,56%	45,44%	100,00%			

Tabela B.29 – Dimensionamento Ex. D: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	16,45	1,25	1,12	1,21	16,32	1,24	1,12	1,21	16,37	1,25	1,12	1,21
2	20,06	1,53	1,23	0,94	14,34	1,09	1,02	0,77	16,10	1,23	1,09	0,82
3	13,95	1,06	0,89	0,75	15,08	1,15	0,94	0,79	14,81	1,13	0,93	0,78
4	14,03	1,07	0,82	0,65	15,11	1,15	0,87	0,70	13,04	0,99	0,78	0,61
5	19,27	1,47	1,17	1,19	15,20	1,16	1,02	1,04	15,20	1,16	1,02	1,04
6	23,66	1,80	1,39	1,41	15,11	1,15	1,10	1,11	17,63	1,34	1,18	1,20
7	14,16	1,08	1,01	1,15	15,11	1,15	1,05	1,20	13,20	1,00	0,96	1,10
8	20,76	1,58	1,36	0,97	15,20	1,16	1,14	0,79	15,94	1,21	1,17	0,81
9	53,12	4,49	7,55	6,52	53,12	4,49	7,55	6,52	53,12	4,49	7,55	6,52
10	20,64	1,57	1,35	1,02	13,76	1,05	1,08	0,82	16,12	1,23	1,17	0,89
11	18,51	1,41	1,19	1,23	14,71	1,12	1,04	1,08	15,44	1,17	1,07	1,11
12	18,51	1,41	1,19	0,90	15,11	1,15	1,05	0,80	14,02	1,07	1,01	0,76
13	11,13	0,85	0,61	0,63	15,20	1,16	0,77	0,79	15,03	1,14	0,76	0,79
14	18,97	1,44	1,17	1,22	18,97	1,44	1,17	1,22	18,97	1,44	1,17	1,22
15	15,75	1,20	0,93	0,73	16,32	1,24	0,95	0,76	16,10	1,23	0,95	0,75
16	11,64	0,89	0,58	0,57	13,76	1,05	0,68	0,65	17,29	1,32	0,86	0,81
17	12,15	0,92	0,68	0,71	14,34	1,09	0,77	0,80	13,66	1,04	0,74	0,77
18	12,37	0,94	0,68	0,70	14,71	1,12	0,77	0,79	14,27	1,09	0,75	0,77
19	15,66	1,19	0,97	1,00	15,08	1,15	0,95	0,98	15,23	1,16	0,96	0,98
20	10,68	0,81	0,58	0,59	15,11	1,15	0,75	0,77	13,94	1,06	0,71	0,73
21	13,64	1,04	0,83	0,87	15,11	1,15	0,89	0,93	12,86	0,98	0,80	0,84
Max.	53,12	4,49	7,55	6,52	53,12	4,49	7,55	6,52	53,12	4,49	7,55	6,52
Média		1,17	0,95	0,93		1,17	0,96	0,94		1,17	0,96	0,94
% Ab		57%	54%	56%		88%	60%	63%		64%	60%	63%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.30 – Dimensionamento Ex. D: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	13,66	1,43	2,23	1,34	13,45	1,41	2,21	1,33	13,53	1,42	2,22	1,34
2	16,84	1,77	2,40	0,94	11,43	1,20	1,96	0,77	13,10	1,37	2,10	0,82
3	10,87	1,14	1,69	0,77	12,20	1,28	1,82	0,83	11,87	1,25	1,79	0,82
4	10,96	1,15	1,56	0,60	12,32	1,29	1,68	0,65	10,18	1,07	1,49	0,57
5	16,41	1,72	2,33	1,38	12,37	1,30	2,00	1,18	12,41	1,30	2,01	1,18
6	20,73	2,18	2,82	1,64	12,32	1,29	2,18	1,27	14,74	1,55	2,36	1,38
7	11,37	1,19	ND	1,35	12,32	1,29	ND	1,41	10,50	1,10	ND	1,28
8	17,51	1,84	2,73	0,94	12,37	1,30	2,27	0,79	12,96	1,36	2,32	0,80
9	46,33	5,40	ND	7,87	46,33	5,40	ND	7,87	46,33	5,40	ND	7,87
10	17,41	1,83	2,71	1,04	10,82	1,14	2,12	0,82	13,08	1,37	2,32	0,89
11	15,44	1,62	2,36	1,41	11,73	1,23	2,03	1,21	12,43	1,30	2,09	1,25
12	15,44	1,62	2,36	0,91	12,32	1,29	2,08	0,80	11,16	1,17	1,98	0,76
13	8,42	0,88	1,11	0,67	12,37	1,30	1,46	0,88	12,21	1,28	1,45	0,87
14	15,36	1,61	2,25	1,34	15,36	1,61	2,25	1,34	15,36	1,61	2,25	1,34
15	12,49	1,31	1,76	0,65	13,45	1,41	1,84	0,70	13,08	1,37	1,81	0,68
16	8,79	0,92	1,01	0,59	10,82	1,14	1,16	0,68	14,36	1,51	1,43	0,83
17	9,36	0,98	1,28	0,77	11,43	1,20	1,46	0,88	10,79	1,13	1,41	0,84
18	9,43	0,99	1,24	0,74	11,73	1,23	1,43	0,85	11,29	1,18	1,40	0,83
19	12,88	1,35	1,90	1,14	12,20	1,28	1,84	1,10	12,37	1,30	1,86	1,11
20	8,02	0,84	1,04	0,62	12,32	1,29	1,42	0,85	11,19	1,17	1,32	0,79
21	10,98	1,15	1,64	0,98	12,32	1,29	1,76	1,06	10,12	1,06	1,56	0,93
Max.	46,33	5,40	ND	7,87	46,33	5,40	ND	7,87	46,33	5,40	ND	7,87
Média		1,30	ND	1,03		1,30	ND	1,04		1,30	ND	1,03
% Ab		57%	ND	60%		88%	ND	54%		58%	ND	63%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.31 – Dimensionamento Ex. D: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	16,69	0,46	0,45	0,43	16,57	0,46	0,45	0,43	16,61	0,46	0,45	0,43
2	20,33	0,56	0,55	0,50	14,58	0,40	0,40	0,36	16,36	0,45	0,44	0,40
3	14,21	0,39	0,39	0,35	15,33	0,42	0,42	0,38	15,05	0,42	0,41	0,37
4	14,29	0,40	0,39	0,35	15,34	0,42	0,42	0,38	13,28	0,37	0,36	0,33
5	19,51	0,54	0,53	0,48	15,43	0,43	0,42	0,38	15,43	0,43	0,42	0,38
6	23,91	0,66	0,65	0,59	15,34	0,42	0,45	0,42	17,87	0,50	0,49	0,46
7	14,39	0,40	0,39	0,38	15,34	0,42	0,42	0,40	13,43	0,37	0,36	0,36
8	21,03	0,65	0,63	0,52	15,43	0,48	0,49	0,39	16,19	0,50	0,50	0,40
9	53,69	1,65	1,65	1,57	53,69	1,65	1,65	1,57	53,69	1,65	1,65	1,57
10	20,91	0,58	0,57	0,51	14,01	0,39	0,40	0,38	16,37	0,45	0,44	0,41
11	18,77	0,52	0,51	0,46	14,97	0,41	0,41	0,38	15,69	0,43	0,43	0,39
12	18,77	0,52	0,51	0,46	15,34	0,42	0,42	0,38	14,27	0,40	0,39	0,35
13	11,36	0,31	0,31	0,28	15,43	0,43	0,42	0,38	15,27	0,42	0,41	0,38
14	19,28	0,59	0,58	0,48	19,28	0,59	0,58	0,48	19,28	0,59	0,58	0,48
15	16,02	0,49	0,48	0,39	16,57	0,51	0,50	0,41	16,35	0,50	0,49	0,40
16	11,88	0,33	0,32	0,29	14,01	0,39	0,38	0,34	17,54	0,49	0,48	0,43
17	12,38	0,34	0,34	0,30	14,58	0,40	0,40	0,36	13,90	0,39	0,38	0,34
18	12,61	0,35	0,34	0,31	14,97	0,41	0,41	0,37	14,52	0,40	0,39	0,36
19	15,90	0,44	0,43	0,39	15,33	0,42	0,42	0,38	15,47	0,43	0,42	0,38
20	10,91	0,30	0,30	0,27	15,34	0,42	0,42	0,38	14,18	0,39	0,38	0,35
21	13,87	0,38	0,38	0,34	15,34	0,42	0,42	0,38	13,09	0,36	0,36	0,32
Max.	53,69	1,65	1,65	1,57	53,69	1,65	1,65	1,57	53,69	1,65	1,65	1,57
Média		0,43	0,43	0,39		0,43	0,43	0,39		0,43	0,43	0,39
% Ab		57%	57%	57%		87%	81%	76%		64%	64%	64%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.32 – Dimensionamento Ex. D: Alv.4 (BI.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	14,34	0,80	0,87	0,82	14,14	0,79	0,86	0,82	14,22	0,80	0,86	0,82
2	17,62	0,99	1,02	0,71	12,13	0,68	0,83	0,57	13,83	0,78	0,89	0,61
3	11,62	0,65	0,67	0,54	12,90	0,72	0,72	0,58	12,58	0,71	0,70	0,57
4	11,71	0,66	0,65	0,48	12,99	0,73	0,72	0,53	10,87	0,61	0,62	0,44
5	17,10	0,96	0,98	0,84	13,05	0,73	0,85	0,72	13,09	0,73	0,85	0,73
6	21,44	1,20	1,22	1,02	12,99	0,73	0,95	0,79	15,44	0,87	1,03	0,86
7	12,04	0,68	0,75	0,80	12,99	0,73	0,79	0,84	11,15	0,63	0,72	0,76
8	18,29	1,03	1,11	0,74	13,05	0,73	0,92	0,61	13,68	0,77	0,95	0,63
9	47,97	2,99	7,79	3,78	47,97	2,99	7,79	3,78	47,97	2,99	7,79	3,78
10	18,19	1,02	1,10	0,78	11,53	0,65	0,87	0,62	13,81	0,78	0,95	0,67
11	16,18	0,91	0,96	0,85	12,45	0,70	0,83	0,73	13,16	0,74	0,85	0,75
12	16,18	0,91	0,96	0,68	12,99	0,73	0,85	0,60	11,85	0,67	0,81	0,57
13	9,07	0,51	0,50	0,37	13,05	0,73	0,72	0,53	12,90	0,72	0,71	0,52
14	16,24	0,91	0,94	0,79	16,24	0,91	0,94	0,79	16,24	0,91	0,94	0,79
15	13,28	0,75	0,74	0,54	14,14	0,79	0,78	0,57	13,81	0,78	0,76	0,56
16	9,48	0,53	0,52	0,38	11,53	0,65	0,64	0,47	15,07	0,85	0,83	0,61
17	10,04	0,56	0,56	0,45	12,13	0,68	0,67	0,51	11,49	0,64	0,64	0,49
18	10,14	0,57	0,56	0,46	12,45	0,70	0,69	0,53	12,01	0,67	0,66	0,51
19	13,55	0,76	0,78	0,68	12,90	0,72	0,75	0,66	13,06	0,73	0,76	0,67
20	8,67	0,49	0,48	0,35	12,99	0,73	0,72	0,53	11,86	0,67	0,66	0,48
21	11,63	0,65	0,66	0,57	12,99	0,73	0,72	0,61	10,78	0,61	0,62	0,54
Max.	47,97	2,99	7,79	3,78	47,97	2,99	7,79	3,78	47,97	2,99	7,79	3,78
Média		0,74	0,78	0,63		0,74	0,81	0,64		0,74	0,81	0,64
% Ab		57%	65%	54%		88%	65%	63%		64%	60%	60%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.33 – Dimensionamento Ex. D: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	15,07	0,62	0,61	0,62	14,90	0,61	0,61	0,61	14,97	0,61	0,61	0,61
2	18,47	0,75	0,75	0,62	12,90	0,53	0,57	0,46	14,62	0,60	0,61	0,49
3	12,43	0,51	0,51	0,44	13,66	0,56	0,56	0,47	13,36	0,55	0,54	0,46
4	12,51	0,51	0,51	0,42	13,73	0,56	0,56	0,46	11,62	0,47	0,47	0,39
5	17,85	0,73	0,73	0,62	13,80	0,56	0,57	0,54	13,82	0,56	0,57	0,54
6	22,21	0,91	0,90	0,78	13,73	0,56	0,67	0,61	16,20	0,66	0,70	0,66
7	12,78	0,52	0,52	0,59	13,73	0,56	0,56	0,62	11,86	0,48	0,48	0,56
8	19,15	0,87	0,78	0,64	13,80	0,63	0,62	0,51	14,47	0,66	0,64	0,52
9	49,76	2,26	3,14	2,50	49,76	2,26	3,14	2,50	49,76	2,26	3,14	2,50
10	19,04	0,78	0,77	0,63	12,31	0,50	0,58	0,51	14,61	0,60	0,64	0,54
11	16,99	0,69	0,69	0,59	13,24	0,54	0,56	0,51	13,95	0,57	0,58	0,52
12	16,99	0,69	0,69	0,57	13,73	0,56	0,57	0,49	12,61	0,51	0,54	0,46
13	9,79	0,40	0,40	0,33	13,80	0,56	0,56	0,46	13,64	0,56	0,56	0,45
14	17,19	0,70	0,70	0,61	17,19	0,70	0,70	0,61	17,19	0,70	0,70	0,61
15	14,14	0,64	0,58	0,47	14,90	0,68	0,61	0,50	14,60	0,66	0,59	0,49
16	10,23	0,42	0,42	0,34	12,31	0,50	0,50	0,41	15,84	0,65	0,64	0,53
17	10,77	0,44	0,44	0,36	12,90	0,53	0,52	0,43	12,24	0,50	0,50	0,41
18	10,91	0,45	0,44	0,36	13,24	0,54	0,54	0,44	12,79	0,52	0,52	0,43
19	14,28	0,58	0,58	0,50	13,66	0,56	0,56	0,49	13,81	0,56	0,56	0,49
20	9,37	0,38	0,38	0,31	13,73	0,56	0,56	0,46	12,58	0,51	0,51	0,42
21	12,33	0,50	0,50	0,41	13,73	0,56	0,56	0,46	11,50	0,47	0,47	0,38
Max.	49,76	2,26	3,14	2,50	49,76	2,26	3,14	2,50	49,76	2,26	3,14	2,50
Média		0,57	0,57	0,49		0,57	0,58	0,51		0,57	0,58	0,50
% Ab		57%	57%	54%		87%	79%	67%		64%	69%	57%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.6 Exemplo E – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.5- Exemplo E – Edificação térrea.

Tabela B.34 – Carregamentos do Exemplo E

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	14,1	0,0	8,1	22,2	23,3	45,5	13,6	14,0	13,1
PAR 2	14,0	0,0	0,4	14,4	15,5	29,9	13,4	14,6	16,1
PAR 3	10,7	0,0	4,0	14,7	16,0	30,6	13,3	14,7	14,4
PAR 4	17,5	0,0	0,4	17,9	16,0	33,8	14,7	16,3	15,8
PAR 5	17,5	0,0	0,7	18,3	16,8	35,1	14,5	14,5	15,7
PAR 6	4,8	0,0	8,1	12,9	23,3	36,2	10,8	14,0	13,7
PAR 7	19,6	0,0	16,0	35,7	27,4	63,1	16,0	14,0	13,6
PAR 8	6,8	0,0	13,3	20,1	21,9	41,9	13,3	14,0	15,5
PAR 9	9,5	0,0	24,0	33,5	31,9	65,5	14,2	14,0	13,0
PAR 10	6,6	0,0	12,9	19,5	21,9	41,4	13,1	14,0	14,9
PAR 11	2,3	0,0	4,4	6,6	3,6	10,3	19,6	16,3	17,2
PAR 12	13,9	0,0	0,4	14,3	15,5	29,8	13,4	14,6	12,6
PAR 13	10,3	0,0	1,3	11,6	5,0	16,7	23,0	14,0	16,8
PAR 14	13,7	0,0	2,1	15,9	4,9	20,7	29,6	29,6	29,6
PAR 15	6,4	0,0	2,1	8,5	2,3	10,8	33,2	33,2	23,9
PAR 16	5,8	0,0	2,1	8,0	2,1	10,1	33,5	33,5	33,5
PAR 17	3,6	0,0	1,3	4,9	2,3	7,2	22,1	16,3	18,4
PAR 18	12,8	0,0	1,5	14,3	10,1	24,4	16,8	14,7	15,1
PAR 19	13,2	0,0	2,3	15,5	9,4	24,9	18,5	14,6	15,2
PAR 20	5,9	0,0	1,3	7,2	5,7	12,9	15,7	14,0	14,5
TOTAL	209,2	0,0	106,9	316,1	274,6	590,7	33,5	33,5	33,5
(%)	35,42%	0,00%	18,09%	53,51%	46,49%	100,00%			

Tabela B.35 – Dimensionamento Ex. E: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	13,58	1,03	0,84	0,90	13,99	1,06	0,86	0,92	13,07	0,99	0,82	0,88
2	13,43	1,02	1,13	0,90	14,58	1,11	1,20	0,95	16,14	1,23	1,29	1,02
3	13,32	1,01	0,76	0,77	14,67	1,12	0,81	0,83	14,42	1,10	0,80	0,82
4	14,71	1,12	0,99	0,74	16,29	1,24	1,06	0,80	15,79	1,20	1,04	0,78
5	14,48	1,10	0,95	1,03	14,48	1,10	0,95	1,03	15,73	1,20	1,01	1,09
6	10,81	0,82	0,56	0,58	13,99	1,06	0,69	0,70	13,68	1,04	0,68	0,69
7	15,98	1,22	1,01	1,07	13,99	1,06	0,93	0,99	13,64	1,04	0,91	0,97
8	13,31	1,01	0,74	0,77	13,99	1,06	0,76	0,80	15,48	1,18	0,82	0,86
9	14,23	1,08	0,79	0,81	13,99	1,06	0,78	0,80	12,98	0,99	0,74	0,77
10	13,13	1,00	0,72	0,76	13,99	1,06	0,76	0,79	14,92	1,14	0,79	0,83
11	19,60	1,49	1,24	0,91	16,29	1,24	1,11	0,76	17,15	1,31	1,14	0,80
12	13,37	1,02	0,81	0,85	14,58	1,11	0,86	0,90	12,65	0,96	0,78	0,82
13	22,98	1,75	1,59	1,11	13,99	1,06	1,22	0,89	16,85	1,28	1,34	0,93
14	29,61	2,25	2,12	2,24	29,61	2,25	2,12	2,24	29,61	2,25	2,12	2,24
15	33,25	2,81	4,07	1,55	33,25	2,81	4,07	1,55	23,86	2,02	3,43	1,24
16	33,52	2,83	4,47	3,94	33,52	2,83	4,47	3,94	33,52	2,83	4,47	3,94
17	22,13	1,87	4,25	1,14	16,29	1,38	3,58	0,96	18,42	1,56	3,83	1,02
18	16,82	1,28	0,92	0,80	14,67	1,12	0,84	0,74	15,07	1,15	0,86	0,75
19	18,45	1,40	1,02	0,90	14,58	1,11	0,89	0,78	15,19	1,16	0,91	0,80
20	15,67	1,19	0,94	0,73	13,99	1,06	0,88	0,65	14,49	1,10	0,90	0,68
Max.	33,52	2,83	4,47	3,94	33,52	2,83	4,47	3,94	33,52	2,83	4,47	3,94
Média		1,14	0,97	0,90		1,14	0,97	0,90		1,14	0,97	0,90
% Ab		74%	68%	65%		89%	81%	66%		60%	75%	72%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.36 – Dimensionamento Ex. E: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	9,99	1,05	1,52	0,92	10,00	1,05	1,52	0,92	9,41	0,99	1,46	0,88
2	10,70	1,12	ND	0,90	11,71	1,23	ND	0,95	13,22	1,39	ND	1,03
3	10,41	1,09	1,41	0,84	11,71	1,23	1,52	0,90	11,47	1,20	1,50	0,89
4	11,98	1,26	2,00	0,75	13,19	1,38	2,12	0,79	12,81	1,34	2,08	0,78
5	11,70	1,23	1,85	1,12	11,70	1,23	1,85	1,12	12,80	1,34	1,96	1,18
6	7,22	0,76	0,90	0,54	10,00	1,05	1,15	0,69	9,96	1,04	1,14	0,68
7	11,76	1,23	1,78	1,07	10,00	1,05	1,62	0,97	9,60	1,01	1,58	0,95
8	9,04	0,95	1,17	0,70	10,00	1,05	1,26	0,75	11,03	1,16	1,34	0,80
9	9,98	1,05	1,28	0,76	10,00	1,05	1,28	0,76	8,91	0,93	1,19	0,70
10	8,90	0,93	1,15	0,68	10,00	1,05	1,24	0,74	10,67	1,12	1,30	0,77
11	15,58	1,63	2,29	0,81	13,19	1,38	2,08	0,71	13,78	1,45	2,13	0,72
12	10,65	1,12	1,57	0,94	11,71	1,23	1,67	1,00	9,93	1,04	1,51	0,90
13	19,64	2,06	3,24	1,17	10,00	1,05	2,35	0,96	13,39	1,40	2,66	0,96
14	25,79	2,71	4,38	2,63	25,79	2,71	4,38	2,63	25,79	2,71	4,38	2,63
15	28,08	3,27	ND	1,46	28,08	3,27	ND	1,46	19,89	2,32	ND	1,26
16	28,15	3,28	ND	4,63	28,15	3,28	ND	4,63	28,15	3,28	ND	4,63
17	17,91	2,09	ND	1,10	13,19	1,54	ND	0,99	14,95	1,74	ND	0,99
18	13,75	1,44	1,70	0,99	11,71	1,23	1,55	0,90	12,08	1,27	1,58	0,91
19	15,13	1,59	1,90	1,10	11,71	1,23	1,65	0,96	12,17	1,28	1,68	0,98
20	12,40	1,30	1,75	0,66	10,00	1,05	1,54	0,58	11,08	1,16	1,63	0,62
Max.	28,15	3,28	ND	4,63	28,15	3,28	ND	4,63	28,15	3,28	ND	4,63
Média		1,20	ND	0,91		1,20	ND	0,92		1,20	ND	0,92
% Ab		62%	ND	57%		58%	ND	63%		62%	ND	69%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.37 – Dimensionamento Ex. E: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	13,88	0,38	0,38	0,34	14,32	0,40	0,39	0,35	13,37	0,37	0,36	0,33
2	13,66	0,38	0,42	0,41	14,82	0,41	0,45	0,44	16,38	0,45	0,48	0,47
3	13,57	0,38	0,37	0,33	14,92	0,41	0,41	0,37	14,67	0,41	0,40	0,36
4	14,94	0,41	0,41	0,37	16,55	0,46	0,45	0,41	16,04	0,44	0,44	0,39
5	14,71	0,41	0,40	0,36	14,71	0,41	0,40	0,36	15,98	0,44	0,43	0,39
6	11,11	0,31	0,30	0,27	14,32	0,40	0,39	0,35	14,00	0,39	0,38	0,34
7	16,33	0,45	0,44	0,40	14,32	0,40	0,39	0,35	13,98	0,39	0,38	0,35
8	13,67	0,38	0,37	0,34	14,32	0,40	0,39	0,35	15,85	0,44	0,43	0,39
9	14,59	0,40	0,40	0,36	14,32	0,40	0,39	0,35	13,32	0,37	0,36	0,33
10	13,49	0,37	0,37	0,33	14,32	0,40	0,39	0,35	15,28	0,42	0,41	0,38
11	19,94	0,61	0,60	0,49	16,55	0,51	0,50	0,41	17,44	0,54	0,52	0,43
12	13,60	0,38	0,37	0,33	14,82	0,41	0,40	0,36	12,88	0,36	0,35	0,32
13	23,26	0,72	0,70	0,57	14,32	0,44	0,52	0,45	17,14	0,53	0,57	0,46
14	29,93	0,92	0,90	0,88	29,93	0,92	0,90	0,88	29,93	0,92	0,90	0,88
15	33,68	1,04	1,01	0,83	33,68	1,04	1,01	0,83	24,20	0,74	0,82	0,65
16	33,98	1,05	1,02	0,95	33,98	1,05	1,02	0,95	33,98	1,05	1,02	0,95
17	22,48	0,69	0,69	0,58	16,55	0,51	0,58	0,49	18,71	0,58	0,62	0,52
18	17,08	0,47	0,46	0,42	14,92	0,41	0,41	0,37	15,32	0,42	0,42	0,38
19	18,73	0,52	0,51	0,46	14,82	0,41	0,40	0,36	15,44	0,43	0,42	0,38
20	15,94	0,49	0,43	0,39	14,32	0,44	0,39	0,35	14,78	0,45	0,40	0,36
Max.	33,98	1,05	1,02	0,95	33,98	1,05	1,02	0,95	33,98	1,05	1,02	0,95
Média		0,43	0,42	0,38		0,43	0,42	0,38		0,43	0,42	0,38
% Ab		74%	74%	68%		85%	81%	81%		65%	67%	67%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.38 – Dimensionamento Ex. E: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	10,86	0,61	0,61	0,47	10,97	0,62	0,62	0,47	10,30	0,58	0,59	0,45
2	11,36	0,64	0,77	0,67	12,40	0,70	0,82	0,71	13,92	0,78	0,88	0,76
3	11,12	0,62	0,62	0,51	12,42	0,70	0,69	0,55	12,18	0,68	0,67	0,55
4	12,64	0,71	0,76	0,55	13,94	0,78	0,81	0,59	13,53	0,76	0,79	0,58
5	12,37	0,69	0,72	0,69	12,37	0,69	0,72	0,69	13,51	0,76	0,77	0,73
6	8,09	0,45	0,45	0,33	10,97	0,62	0,61	0,45	10,86	0,61	0,60	0,44
7	12,78	0,72	0,74	0,66	10,97	0,62	0,67	0,60	10,58	0,59	0,66	0,59
8	10,08	0,57	0,56	0,45	10,97	0,62	0,61	0,48	12,11	0,68	0,67	0,51
9	11,01	0,62	0,61	0,49	10,97	0,62	0,61	0,49	9,89	0,56	0,55	0,46
10	9,93	0,56	0,55	0,44	10,97	0,62	0,61	0,47	11,70	0,66	0,65	0,50
11	16,55	1,03	0,97	0,67	13,94	0,87	0,88	0,57	14,60	0,91	0,90	0,59
12	11,31	0,63	0,63	0,55	12,40	0,70	0,69	0,58	10,59	0,59	0,61	0,52
13	20,45	1,15	1,29	0,85	10,97	0,62	0,95	0,75	14,23	0,80	1,06	0,75
14	26,71	1,50	1,73	1,50	26,71	1,50	1,73	1,50	26,71	1,50	1,73	1,50
15	29,33	1,83	4,16	1,19	29,33	1,83	4,16	1,19	20,85	1,30	3,51	1,00
16	29,45	1,84	4,62	2,24	29,45	1,84	4,62	2,24	29,45	1,84	4,62	2,24
17	18,93	1,18	ND	0,88	13,94	0,87	ND	0,78	15,79	0,98	ND	0,80
18	14,49	0,81	0,80	0,59	12,42	0,70	0,71	0,54	12,81	0,72	0,72	0,54
19	15,93	0,89	0,88	0,65	12,40	0,70	0,74	0,56	12,90	0,72	0,76	0,57
20	13,19	0,74	0,73	0,54	10,97	0,62	0,66	0,45	11,91	0,67	0,69	0,48
Max.	29,45	1,84	ND	2,24	29,45	1,84	ND	2,24	29,45	1,84	ND	2,24
Média		0,69	ND	0,57		0,69	ND	0,58		0,69	ND	0,58
% Ab		62%	ND	64%		58%	ND	66%		68%	ND	71%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.39 – Dimensionamento Ex. E: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	11,80	0,48	0,48	0,39	12,02	0,49	0,49	0,40	11,26	0,46	0,46	0,38
2	12,08	0,49	0,52	0,54	13,16	0,54	0,55	0,57	14,69	0,60	0,60	0,61
3	11,88	0,49	0,48	0,40	13,20	0,54	0,54	0,44	12,96	0,53	0,53	0,43
4	13,36	0,55	0,54	0,45	14,76	0,60	0,60	0,49	14,32	0,58	0,58	0,48
5	13,10	0,53	0,53	0,52	13,10	0,53	0,53	0,52	14,28	0,58	0,58	0,55
6	9,03	0,37	0,37	0,30	12,02	0,49	0,49	0,40	11,84	0,48	0,48	0,39
7	13,89	0,57	0,57	0,52	12,02	0,49	0,49	0,48	11,64	0,48	0,47	0,47
8	11,20	0,46	0,46	0,37	12,02	0,49	0,49	0,40	13,28	0,54	0,54	0,44
9	12,13	0,50	0,49	0,40	12,02	0,49	0,49	0,40	10,97	0,45	0,45	0,37
10	11,04	0,45	0,45	0,37	12,02	0,49	0,49	0,40	12,82	0,52	0,52	0,43
11	17,61	0,80	0,99	0,59	14,76	0,67	0,89	0,49	15,49	0,70	0,92	0,52
12	12,02	0,49	0,49	0,42	13,16	0,54	0,54	0,44	11,30	0,46	0,46	0,40
13	21,33	0,87	0,87	0,71	12,02	0,49	0,68	0,61	15,14	0,62	0,71	0,61
14	27,72	1,26	1,15	1,44	27,72	1,26	1,15	1,44	27,72	1,26	1,15	1,44
15	30,69	1,39	1,78	1,02	30,69	1,39	1,78	1,02	21,90	0,99	1,50	0,84
16	30,87	1,40	1,88	1,49	30,87	1,40	1,88	1,49	30,87	1,40	1,88	1,49
17	20,04	0,91	1,32	0,74	14,76	0,67	1,11	0,65	16,70	0,76	1,19	0,67
18	15,30	0,62	0,62	0,51	13,20	0,54	0,54	0,44	13,59	0,55	0,55	0,45
19	16,81	0,69	0,68	0,56	13,16	0,54	0,54	0,46	13,69	0,56	0,56	0,47
20	14,05	0,57	0,57	0,47	12,02	0,49	0,49	0,40	12,81	0,52	0,52	0,43
Max.	30,87	1,40	1,88	1,49	30,87	1,40	1,88	1,49	30,87	1,40	1,88	1,49
Média		0,54	0,55	0,47		0,54	0,56	0,48		0,54	0,56	0,48
% Ab		68%	74%	64%		89%	87%	75%		68%	72%	75%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.7 Exemplo F – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.6- Exemplo F – Edificação térrea.

Tabela B.40 – Carregamentos do Exemplo F

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	0,0	0,0	6,5	6,5	11,5	18,0	10,9	14,6	12,5
PAR 2	7,9	0,0	0,8	8,7	4,5	13,2	20,3	14,6	15,3
PAR 3	10,0	0,0	9,0	19,0	4,3	23,3	37,3	22,6	26,9
PAR 4	8,4	0,0	8,0	16,4	4,0	20,4	35,4	14,8	24,2
PAR 5	38,4	0,0	0,5	38,8	25,9	64,7	17,4	14,6	15,2
PAR 6	4,7	0,0	5,6	10,3	2,3	12,6	38,6	14,6	24,6
PAR 7	13,1	0,0	6,0	19,0	13,7	32,8	16,6	16,8	18,2
PAR 8	12,2	0,0	3,5	15,8	11,5	27,2	16,5	18,0	18,3
PAR 9	45,7	0,0	0,8	46,6	26,0	72,6	19,4	16,0	16,3
PAR 10	13,5	0,0	11,9	25,5	5,9	31,4	36,9	36,9	36,9
PAR 11	11,3	0,0	9,6	20,9	6,8	27,7	28,4	14,8	20,9
PAR 12	10,4	0,0	17,3	27,7	29,3	57,0	13,5	16,0	15,1
PAR 13	8,5	0,0	18,6	27,2	22,4	49,6	15,4	16,0	16,8
PAR 14	4,2	0,0	12,5	16,7	21,9	38,6	12,3	14,6	14,9
PAR 15	5,6	0,0	14,7	20,3	25,7	46,0	12,4	14,6	14,8
PAR 16	6,4	0,0	10,1	16,6	17,7	34,3	13,4	14,6	13,1
PAR 17	6,1	0,0	7,8	13,9	10,2	24,2	16,4	22,6	20,8
PAR 18	1,7	0,0	3,1	4,8	1,9	6,7	24,3	14,6	17,5
PAR 19	5,3	0,0	7,3	12,6	4,0	16,6	28,9	18,0	22,5
PAR 20	6,0	0,0	9,0	15,1	11,8	26,9	15,8	16,8	15,3
PAR 21	8,5	0,0	1,1	9,6	8,3	18,0	15,0	18,0	15,6
PAR 22	7,9	0,0	6,1	14,0	8,3	22,3	18,6	16,8	16,7
PAR 23	9,9	0,0	7,2	17,1	15,5	32,5	14,6	14,6	14,1
PAR 24	10,1	0,0	16,9	27,0	28,8	55,8	13,5	14,8	14,6
PAR 25	7,4	0,0	13,4	20,8	21,9	42,6	13,5	14,8	15,1
PAR 26	14,1	0,0	26,8	40,9	43,7	84,7	13,4	14,8	12,9
PAR 27	7,1	0,0	15,1	22,2	25,7	47,9	12,9	14,8	14,9
TOTAL	284,7	0,0	249,2	533,9	413,5	947,4	38,6	36,9	36,9
(%)	30,05%	0,00%	26,30%	56,35%	43,65%	100,00%			

Tabela B.41 – Dimensionamento Ex. F: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	10,91	0,83	0,54	0,51	14,61	1,11	0,72	0,68	12,46	0,95	0,62	0,58
2	20,32	1,55	2,08	1,69	14,61	1,11	1,73	1,40	15,27	1,16	1,77	1,43
3	37,33	2,84	3,30	2,35	22,62	1,72	2,58	2,07	26,86	2,04	2,79	2,07
4	35,40	2,69	2,54	1,70	14,80	1,13	1,72	1,51	24,17	1,84	2,09	1,51
5	17,37	1,32	1,01	1,05	14,61	1,11	0,91	0,95	15,21	1,16	0,93	0,97
6	38,62	3,27	5,50	1,80	14,61	1,24	3,62	1,61	24,62	2,08	4,40	1,61
7	16,59	1,26	1,39	1,04	16,81	1,28	1,40	1,05	18,20	1,39	1,47	1,10
8	16,49	1,26	1,55	1,16	18,04	1,37	1,64	1,23	18,29	1,39	1,66	1,24
9	19,36	1,47	1,13	1,15	16,00	1,22	1,01	1,03	16,33	1,24	1,02	1,04
10	36,91	2,81	2,68	2,74	36,91	2,81	2,68	2,74	36,91	2,81	2,68	2,74
11	28,37	2,16	2,00	1,53	14,80	1,13	1,46	1,19	20,91	1,59	1,70	1,30
12	13,49	1,03	0,76	0,79	16,00	1,22	0,85	0,89	15,10	1,15	0,82	0,85
13	15,37	1,17	0,88	0,90	16,00	1,22	0,91	0,92	16,79	1,28	0,94	0,95
14	12,26	0,93	0,64	0,66	14,61	1,11	0,73	0,75	14,85	1,13	0,74	0,76
15	12,43	0,95	0,66	0,68	14,61	1,11	0,74	0,76	14,83	1,13	0,75	0,77
16	13,44	1,02	0,76	0,63	14,61	1,11	0,80	0,68	13,13	1,00	0,75	0,61
17	16,39	1,25	1,00	0,86	22,62	1,72	1,24	1,06	20,83	1,59	1,17	1,00
18	24,33	2,06	3,04	1,14	14,61	1,24	2,33	0,85	17,47	1,48	2,54	0,85
19	28,89	2,20	1,96	1,35	18,04	1,37	1,54	1,12	22,52	1,71	1,71	1,13
20	15,80	1,20	0,94	0,97	16,81	1,28	0,98	1,01	15,28	1,16	0,92	0,95
21	14,97	1,14	0,78	0,70	18,04	1,37	0,89	0,84	15,56	1,18	0,80	0,73
22	18,59	1,41	1,08	0,88	16,81	1,28	1,02	0,83	16,68	1,27	1,01	0,83
23	14,62	1,11	0,83	0,84	14,61	1,11	0,83	0,84	14,14	1,08	0,81	0,82
24	13,46	1,02	0,76	0,79	14,80	1,13	0,81	0,84	14,61	1,11	0,80	0,83
25	13,53	1,03	0,76	0,79	14,80	1,13	0,81	0,84	15,10	1,15	0,82	0,85
26	13,44	1,02	0,75	0,78	14,80	1,13	0,80	0,84	12,94	0,98	0,73	0,76
27	12,94	0,99	0,70	0,72	14,80	1,13	0,77	0,79	14,88	1,13	0,78	0,79
Max.	38,62	3,27	5,50	2,74	36,91	2,81	3,62	2,74	36,91	2,81	4,40	2,74
Média		1,21	1,00	0,92		1,21	0,99	0,94		1,21	0,99	0,92
% Ab		69%	69%	70%		61%	75%	68%		71%	75%	63%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.42 – Dimensionamento Ex. F: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	6,73	0,71	0,67	0,35	10,77	1,13	1,02	0,56	8,22	0,86	0,78	0,43
2	17,19	1,80	ND	1,85	10,77	1,13	ND	1,45	11,47	1,20	ND	1,50
3	29,16	3,06	ND	2,38	16,89	1,77	ND	2,17	20,43	2,14	ND	2,17
4	27,42	2,88	4,68	1,62	10,32	1,08	3,10	1,44	18,07	1,90	3,82	1,44
5	14,66	1,54	1,97	1,15	10,77	1,13	1,66	0,98	11,68	1,23	1,74	1,02
6	29,39	3,43	ND	1,57	10,77	1,26	ND	1,50	18,16	2,12	ND	1,50
7	12,77	1,34	ND	1,06	12,88	1,35	ND	1,07	14,09	1,48	ND	1,13
8	13,02	1,37	ND	1,21	14,04	1,47	ND	1,27	14,25	1,50	ND	1,28
9	16,62	1,74	2,20	1,28	12,08	1,27	1,85	1,08	12,53	1,31	1,89	1,10
10	28,87	3,03	4,95	2,97	28,87	3,03	4,95	2,97	28,87	3,03	4,95	2,97
11	21,95	2,30	3,67	1,44	10,32	1,08	2,59	1,16	15,59	1,64	3,08	1,21
12	9,26	0,97	1,26	0,76	12,08	1,27	1,51	0,90	11,21	1,18	1,44	0,86
13	10,50	1,10	1,42	0,84	12,08	1,27	1,56	0,92	12,71	1,33	1,61	0,96
14	8,08	0,85	0,97	0,57	10,77	1,13	1,19	0,70	10,91	1,15	1,20	0,71
15	8,25	0,87	1,04	0,62	10,77	1,13	1,25	0,74	10,92	1,15	1,27	0,75
16	9,26	0,97	1,26	0,48	10,77	1,13	1,40	0,56	9,00	0,94	1,24	0,47
17	11,70	1,23	1,69	1,01	16,89	1,77	2,16	1,29	15,40	1,62	2,02	1,21
18	17,39	2,03	ND	0,90	10,77	1,26	ND	0,74	11,97	1,39	ND	0,74
19	21,35	2,24	3,41	1,16	14,04	1,47	2,76	1,02	17,02	1,79	3,02	1,03
20	11,10	1,16	1,59	0,95	12,88	1,35	1,75	1,04	11,13	1,17	1,59	0,95
21	11,95	1,25	1,44	0,65	14,04	1,47	1,59	0,73	12,33	1,29	1,46	0,67
22	15,60	1,64	2,12	0,90	12,88	1,35	1,90	0,81	13,38	1,40	1,94	0,82
23	11,59	1,22	1,54	0,91	10,77	1,13	1,48	0,87	11,28	1,18	1,52	0,90
24	9,24	0,97	1,26	0,75	10,32	1,08	1,35	0,81	10,26	1,08	1,35	0,81
25	9,25	0,97	1,21	0,72	10,32	1,08	1,30	0,77	10,44	1,09	1,31	0,78
26	9,15	0,96	1,19	0,71	10,32	1,08	1,29	0,77	8,77	0,92	1,16	0,69
27	8,72	0,91	1,12	0,66	10,32	1,08	1,25	0,75	10,33	1,08	1,26	0,75
Max.	29,39	3,43	ND	2,97	28,87	3,03	ND	2,97	28,87	3,03	ND	2,97
Média		1,23	ND	0,89		1,23	ND	0,92		1,23	ND	0,91
% Ab		69%	ND	62%		61%	ND	63%		69%	ND	63%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.43 – Dimensionamento Ex. F: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	11,26	0,31	0,31	0,28	14,93	0,41	0,41	0,37	12,82	0,36	0,35	0,31
2	20,59	0,63	0,76	0,77	14,93	0,46	0,64	0,64	15,58	0,48	0,65	0,65
3	38,01	1,17	1,28	1,14	23,10	0,71	1,12	1,06	27,40	0,84	1,12	1,06
4	36,07	1,11	1,09	0,89	15,18	0,47	0,90	0,79	24,69	0,76	0,90	0,79
5	17,60	0,49	0,48	0,43	14,93	0,41	0,41	0,37	15,50	0,43	0,42	0,38
6	39,39	1,21	1,20	0,97	14,93	0,46	0,99	0,85	25,17	0,77	0,99	0,85
7	16,91	0,47	0,50	0,48	17,14	0,47	0,51	0,49	18,55	0,51	0,54	0,51
8	16,79	0,47	0,57	0,55	18,38	0,51	0,61	0,58	18,63	0,52	0,61	0,58
9	19,59	0,54	0,53	0,48	16,33	0,45	0,44	0,40	16,65	0,46	0,45	0,41
10	37,58	1,16	1,02	1,10	37,58	1,16	1,02	1,10	37,58	1,16	1,02	1,10
11	28,91	0,80	0,78	0,71	15,18	0,42	0,62	0,61	21,36	0,59	0,62	0,61
12	13,85	0,38	0,38	0,34	16,33	0,45	0,44	0,40	15,43	0,43	0,42	0,38
13	15,78	0,44	0,43	0,39	16,33	0,45	0,44	0,40	17,14	0,47	0,47	0,42
14	12,61	0,35	0,34	0,31	14,93	0,41	0,41	0,37	15,19	0,42	0,41	0,37
15	12,78	0,35	0,35	0,31	14,93	0,41	0,41	0,37	15,16	0,42	0,41	0,37
16	13,79	0,38	0,37	0,34	14,93	0,41	0,41	0,37	13,47	0,37	0,37	0,33
17	16,79	0,47	0,46	0,41	23,10	0,64	0,63	0,57	21,28	0,59	0,58	0,52
18	24,92	0,77	0,75	0,61	14,93	0,46	0,54	0,45	17,93	0,55	0,59	0,45
19	29,53	0,91	0,89	0,73	18,38	0,57	0,68	0,59	22,98	0,71	0,74	0,59
20	16,19	0,45	0,44	0,40	17,14	0,47	0,47	0,42	15,63	0,43	0,42	0,38
21	15,22	0,42	0,41	0,37	18,38	0,51	0,50	0,45	15,83	0,44	0,43	0,39
22	18,84	0,52	0,51	0,46	17,14	0,47	0,47	0,42	16,95	0,47	0,46	0,42
23	14,88	0,41	0,40	0,37	14,93	0,41	0,41	0,37	14,39	0,40	0,39	0,35
24	13,81	0,38	0,37	0,34	15,18	0,42	0,41	0,37	14,98	0,41	0,41	0,37
25	13,89	0,38	0,38	0,34	15,18	0,42	0,41	0,37	15,49	0,43	0,42	0,38
26	13,80	0,38	0,37	0,34	15,18	0,42	0,41	0,37	13,29	0,37	0,36	0,33
27	13,30	0,37	0,36	0,33	15,18	0,42	0,41	0,37	15,26	0,42	0,41	0,37
Max.	39,39	1,21	1,28	1,14	37,58	1,16	1,12	1,10	37,58	1,16	1,12	1,10
Média		0,46	0,45	0,41		0,45	0,47	0,43		0,46	0,46	0,42
% Ab		69%	69%	71%		78%	81%	81%		70%	76%	78%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.44 – Dimensionamento Ex. F: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	7,74	0,43	0,43	0,31	11,70	0,66	0,65	0,47	9,25	0,52	0,51	0,38
2	17,95	1,01	1,38	1,26	11,70	0,66	1,10	1,07	12,39	0,70	1,13	1,07
3	31,14	1,75	2,36	1,81	18,28	1,03	1,92	1,69	21,98	1,23	1,98	1,69
4	29,35	1,83	1,92	1,26	11,41	0,71	1,46	1,16	19,55	1,22	1,57	1,16
5	15,32	0,86	0,85	0,71	11,70	0,66	0,73	0,61	12,54	0,70	0,75	0,64
6	31,63	1,97	5,27	1,30	11,70	0,73	3,47	1,22	19,72	1,23	4,19	1,22
7	13,70	0,77	0,95	0,82	13,83	0,78	0,95	0,83	15,09	0,85	1,01	0,87
8	13,86	0,78	1,01	0,89	15,01	0,84	1,06	0,93	15,23	0,85	1,07	0,94
9	17,28	0,97	0,97	0,80	13,03	0,73	0,83	0,68	13,45	0,75	0,85	0,69
10	30,81	1,73	2,03	1,82	30,81	1,73	2,03	1,82	30,81	1,73	2,03	1,82
11	23,50	1,32	1,50	1,10	11,41	0,64	1,13	0,92	16,88	0,95	1,27	0,92
12	10,29	0,58	0,57	0,47	13,03	0,73	0,72	0,55	12,15	0,68	0,67	0,52
13	11,68	0,66	0,65	0,53	13,03	0,73	0,72	0,57	13,70	0,77	0,76	0,59
14	9,09	0,51	0,50	0,38	11,70	0,66	0,65	0,47	11,87	0,67	0,66	0,48
15	9,26	0,52	0,51	0,39	11,70	0,66	0,65	0,47	11,87	0,67	0,66	0,48
16	10,27	0,58	0,57	0,42	11,70	0,66	0,65	0,47	10,00	0,56	0,55	0,41
17	12,83	0,72	0,73	0,55	18,28	1,03	1,01	0,74	16,71	0,94	0,92	0,68
18	19,07	1,19	2,84	0,77	11,70	0,73	2,21	0,62	13,30	0,83	2,35	0,62
19	23,18	1,45	1,45	0,95	15,01	0,94	1,16	0,83	18,35	1,14	1,28	0,84
20	12,24	0,69	0,68	0,55	13,83	0,78	0,77	0,59	12,14	0,68	0,68	0,54
21	12,68	0,71	0,70	0,51	15,01	0,84	0,83	0,61	13,11	0,74	0,73	0,53
22	16,32	0,92	0,91	0,66	13,83	0,78	0,83	0,60	14,18	0,80	0,84	0,61
23	12,32	0,69	0,68	0,57	11,70	0,66	0,65	0,55	11,98	0,67	0,66	0,56
24	10,26	0,58	0,57	0,46	11,41	0,64	0,63	0,50	11,32	0,64	0,63	0,50
25	10,29	0,58	0,57	0,47	11,41	0,64	0,63	0,50	11,56	0,65	0,64	0,50
26	10,19	0,57	0,56	0,46	11,41	0,64	0,63	0,50	9,78	0,55	0,54	0,45
27	9,74	0,55	0,54	0,43	11,41	0,64	0,63	0,48	11,43	0,64	0,63	0,48
Max.	31,63	1,97	5,27	1,82	30,81	1,73	3,47	1,82	30,81	1,73	4,19	1,82
Média		0,72	0,77	0,59		0,72	0,79	0,61		0,72	0,78	0,60
% Ab		69%	71%	71%		61%	73%	77%		69%	75%	69%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.45 – Dimensionamento Ex. F: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	8,84	0,36	0,36	0,29	12,71	0,52	0,52	0,42	10,36	0,42	0,42	0,35
2	18,77	0,85	0,97	1,02	12,71	0,58	0,80	0,86	13,39	0,61	0,81	0,86
3	33,29	1,51	1,60	1,50	19,79	0,90	1,42	1,40	23,68	1,07	1,42	1,40
4	31,45	1,43	1,33	1,07	12,59	0,57	1,11	0,99	21,15	0,96	1,11	0,99
5	16,03	0,65	0,65	0,53	12,71	0,52	0,52	0,42	13,46	0,55	0,55	0,45
6	34,05	1,54	2,14	1,14	12,71	0,58	1,50	1,05	21,42	0,97	1,71	1,05
7	14,70	0,60	0,66	0,65	14,87	0,61	0,66	0,65	16,17	0,66	0,70	0,69
8	14,77	0,60	0,73	0,75	16,06	0,66	0,77	0,79	16,29	0,66	0,77	0,79
9	18,01	0,73	0,73	0,61	14,06	0,57	0,57	0,53	14,45	0,59	0,59	0,54
10	32,93	1,34	1,40	1,36	32,93	1,34	1,40	1,36	32,93	1,34	1,40	1,36
11	25,19	1,03	1,04	0,89	12,59	0,51	0,84	0,77	18,28	0,75	0,88	0,77
12	11,40	0,47	0,46	0,38	14,06	0,57	0,57	0,47	13,18	0,54	0,54	0,44
13	12,96	0,53	0,53	0,43	14,06	0,57	0,57	0,47	14,77	0,60	0,60	0,49
14	10,19	0,42	0,41	0,34	12,71	0,52	0,52	0,42	12,90	0,53	0,53	0,43
15	10,36	0,42	0,42	0,35	12,71	0,52	0,52	0,42	12,90	0,53	0,52	0,43
16	11,37	0,46	0,46	0,38	12,71	0,52	0,52	0,42	11,09	0,45	0,45	0,37
17	14,07	0,57	0,57	0,47	19,79	0,81	0,81	0,66	18,14	0,74	0,74	0,60
18	20,90	0,95	1,21	0,70	12,71	0,58	0,94	0,54	14,75	0,67	1,00	0,54
19	25,16	1,14	1,02	0,84	16,06	0,73	0,82	0,72	19,80	0,90	0,89	0,72
20	13,47	0,55	0,55	0,45	14,87	0,61	0,61	0,50	13,23	0,54	0,54	0,44
21	13,48	0,55	0,55	0,45	16,06	0,66	0,65	0,54	13,96	0,57	0,57	0,47
22	17,11	0,70	0,70	0,57	14,87	0,61	0,61	0,50	15,04	0,61	0,61	0,50
23	13,12	0,54	0,53	0,44	12,71	0,52	0,52	0,42	12,73	0,52	0,52	0,42
24	11,37	0,46	0,46	0,38	12,59	0,51	0,51	0,42	12,46	0,51	0,51	0,42
25	11,41	0,47	0,46	0,38	12,59	0,51	0,51	0,42	12,79	0,52	0,52	0,43
26	11,32	0,46	0,46	0,38	12,59	0,51	0,51	0,42	10,88	0,44	0,44	0,36
27	10,85	0,44	0,44	0,36	12,59	0,51	0,51	0,42	12,63	0,52	0,51	0,42
Max.	34,05	1,54	2,14	1,50	32,93	1,34	1,50	1,40	32,93	1,34	1,71	1,40
Média		0,57	0,58	0,49		0,57	0,60	0,51		0,57	0,59	0,50
% Ab		69%	71%	71%		59%	76%	75%		68%	70%	75%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.8 Exemplo G – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.7- Exemplo G – Edificação térrea.

Tabela B.46 – Carregamentos do Exemplo G

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	9,8	0,0	1,0	10,8	7,3	18,1	17,2	13,2	14,3
PAR 2	14,1	0,0	4,7	18,8	12,3	31,1	17,5	15,6	16,0
PAR 3	4,3	0,0	1,0	5,3	5,0	10,4	14,3	13,3	13,2
PAR 4	7,5	0,0	0,7	8,2	8,3	16,5	13,7	13,2	12,6
PAR 5	7,0	0,0	1,4	8,5	18,4	26,9	10,1	13,3	14,5
PAR 6	7,3	0,0	1,4	8,7	16,0	24,7	10,7	12,5	12,0
PAR 7	32,0	4,7	0,4	37,0	22,9	60,0	18,2	17,5	17,6
PAR 8	19,3	8,6	1,9	29,9	25,3	55,2	15,1	16,1	15,7
PAR 9	3,8	2,2	1,4	7,5	4,0	11,5	19,9	17,5	19,0
PAR 10	7,5	0,0	1,4	8,9	5,9	14,8	17,4	12,5	14,1
PAR 11	7,3	0,0	0,8	8,1	3,8	11,9	21,7	21,7	21,7
PAR 12	11,8	0,0	0,4	12,2	18,9	31,2	11,4	13,2	13,1
PAR 13	15,0	2,3	2,1	19,4	13,2	32,6	17,2	17,2	17,2
PAR 14	3,0	4,9	0,0	8,0	3,5	11,5	22,9	16,1	19,0
PAR 15	18,2	2,5	1,5	22,1	16,8	39,0	16,1	17,5	17,1
PAR 16	20,6	2,3	1,4	24,4	22,2	46,6	14,6	15,6	15,4
PAR 17	38,0	4,2	0,8	43,0	38,7	81,7	14,7	13,3	12,7
PAR 18	26,7	0,0	0,0	26,7	28,8	55,6	13,4	13,3	13,5
TOTAL	253,3	31,8	22,4	307,5	271,5	579,0	22,9	21,7	21,7
(%)	43,74%	5,49%	3,88%	53,11%	46,89%	100,00%			

Tabela B.47 – Dimensionamento Ex. G: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	17,24	1,31	1,04	0,80	13,22	1,01	0,89	0,68	14,34	1,09	0,93	0,71
2	17,52	1,33	0,94	0,98	15,61	1,19	0,88	0,92	16,04	1,22	0,89	0,93
3	14,29	1,09	0,94	0,67	13,32	1,01	0,90	0,64	13,21	1,01	0,89	0,64
4	13,75	1,05	1,03	0,97	13,22	1,01	1,00	0,95	12,59	0,96	0,97	0,92
5	10,14	0,77	0,54	0,57	13,32	1,01	0,67	0,71	14,46	1,10	0,72	0,76
6	10,73	0,82	0,53	0,51	12,55	0,95	0,62	0,59	11,97	0,91	0,59	0,56
7	18,17	1,38	1,16	1,21	17,52	1,33	1,13	1,18	17,55	1,34	1,14	1,18
8	15,13	1,15	0,82	0,85	16,06	1,22	0,86	0,88	15,66	1,19	0,84	0,87
9	19,92	1,52	1,28	0,93	17,52	1,33	1,19	0,82	19,05	1,45	1,25	0,89
10	17,45	1,33	1,03	0,81	12,55	0,95	0,85	0,61	14,09	1,07	0,90	0,66
11	21,66	1,65	1,31	1,32	21,66	1,65	1,31	1,32	21,66	1,65	1,31	1,32
12	11,44	0,87	0,63	0,65	13,22	1,01	0,70	0,73	13,06	0,99	0,69	0,72
13	17,17	1,31	1,00	1,03	17,17	1,31	1,00	1,03	17,17	1,31	1,00	1,03
14	22,90	1,94	1,57	1,07	16,06	1,36	1,29	0,86	19,01	1,61	1,41	0,94
15	16,08	1,22	1,36	1,83	17,52	1,33	1,44	1,93	17,12	1,30	1,42	1,90
16	14,56	1,11	0,97	1,03	15,61	1,19	1,02	1,08	15,38	1,17	1,01	1,07
17	14,66	1,12	0,90	0,96	13,32	1,01	0,85	0,90	12,69	0,97	0,83	0,87
18	13,39	1,02	0,79	0,85	13,32	1,01	0,79	0,85	13,46	1,02	0,80	0,85
Max.	22,90	1,94	1,57	1,83	21,66	1,65	1,44	1,93	21,66	1,65	1,42	1,90
Média		1,13	0,91	0,94		1,13	0,91	0,95		1,13	0,91	0,95
% Ab		58%	54%	48%		54%	65%	71%		54%	62%	71%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.48 – Dimensionamento Ex. G: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	14,20	1,49	1,97	0,83	10,39	1,09	1,66	0,70	11,46	1,20	1,75	0,74
2	13,84	1,45	1,71	0,99	12,48	1,31	1,61	0,93	12,78	1,34	1,63	0,95
3	11,08	1,16	1,82	0,66	10,57	1,11	1,76	0,64	10,27	1,08	1,73	0,63
4	10,87	1,14	ND	0,97	10,39	1,09	ND	0,94	9,79	1,03	ND	0,91
5	7,27	0,76	0,95	0,57	10,57	1,11	1,25	0,75	11,70	1,23	1,36	0,82
6	7,84	0,82	0,86	0,50	9,54	1,00	0,99	0,58	9,00	0,94	0,95	0,55
7	15,46	1,62	2,36	1,41	14,66	1,54	2,29	1,37	14,70	1,54	2,29	1,37
8	12,27	1,29	1,54	0,89	13,23	1,39	1,61	0,94	12,81	1,34	1,58	0,92
9	16,31	1,71	2,51	0,85	14,66	1,54	2,37	0,80	15,89	1,67	2,47	0,84
10	14,14	1,48	1,96	0,75	9,54	1,00	1,59	0,60	10,99	1,15	1,70	0,65
11	18,44	1,94	2,57	1,50	18,44	1,94	2,57	1,50	18,44	1,94	2,57	1,50
12	8,72	0,91	1,17	0,70	10,39	1,09	1,32	0,79	10,25	1,08	1,30	0,78
13	14,09	1,48	1,88	1,10	14,09	1,48	1,88	1,10	14,09	1,48	1,88	1,10
14	20,24	2,12	3,21	1,08	13,23	1,39	2,59	0,95	16,25	1,71	2,86	0,96
15	13,18	1,38	ND	2,30	14,66	1,54	ND	2,45	14,32	1,50	ND	2,42
16	11,73	1,23	1,95	1,18	12,48	1,31	2,02	1,22	12,31	1,29	2,01	1,21
17	11,95	1,25	1,74	1,04	10,57	1,11	1,62	0,97	9,97	1,05	1,56	0,94
18	10,73	1,13	1,52	0,91	10,57	1,11	1,51	0,90	10,69	1,12	1,52	0,91
Max.	20,24	2,12	ND	2,30	18,44	1,94	ND	2,45	18,44	1,94	ND	2,42
Média		1,25	ND	1,03		1,25	ND	1,04		1,25	ND	1,04
% Ab		43%	ND	55%		54%	ND	71%		54%	ND	71%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.49 – Dimensionamento Ex. G: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	17,50	0,48	0,47	0,43	13,46	0,37	0,37	0,33	14,58	0,40	0,40	0,36
2	17,82	0,49	0,48	0,44	15,87	0,44	0,43	0,39	16,31	0,45	0,44	0,40
3	14,56	0,45	0,44	0,36	13,55	0,42	0,41	0,33	13,45	0,41	0,40	0,33
4	13,99	0,39	0,38	0,38	13,46	0,37	0,37	0,37	12,83	0,36	0,36	0,36
5	10,38	0,29	0,28	0,25	13,55	0,38	0,37	0,33	14,69	0,41	0,40	0,36
6	10,98	0,30	0,30	0,27	12,80	0,35	0,35	0,31	12,23	0,34	0,33	0,30
7	18,40	0,51	0,50	0,45	17,76	0,49	0,48	0,44	17,79	0,49	0,48	0,44
8	15,37	0,43	0,42	0,38	16,30	0,45	0,44	0,40	15,90	0,44	0,43	0,39
9	20,23	0,62	0,61	0,50	17,76	0,55	0,53	0,44	19,31	0,59	0,58	0,47
10	17,73	0,55	0,48	0,44	12,80	0,39	0,35	0,31	14,35	0,44	0,39	0,35
11	21,93	0,67	0,66	0,54	21,93	0,67	0,66	0,54	21,93	0,67	0,66	0,54
12	11,67	0,32	0,32	0,29	13,46	0,37	0,37	0,33	13,30	0,37	0,36	0,33
13	17,43	0,48	0,47	0,43	17,43	0,48	0,47	0,43	17,43	0,48	0,47	0,43
14	23,13	0,71	0,69	0,57	16,30	0,50	0,55	0,44	19,25	0,59	0,60	0,47
15	16,32	0,45	0,50	0,53	17,76	0,49	0,53	0,56	17,36	0,48	0,52	0,55
16	14,79	0,41	0,40	0,37	15,87	0,44	0,43	0,39	15,63	0,43	0,42	0,38
17	14,89	0,41	0,40	0,37	13,55	0,38	0,37	0,33	12,92	0,36	0,35	0,32
18	13,61	0,38	0,37	0,33	13,55	0,38	0,37	0,33	13,69	0,38	0,37	0,34
Max.	23,13	0,71	0,69	0,57	21,93	0,67	0,66	0,56	21,93	0,67	0,66	0,55
Média		0,42	0,42	0,38		0,42	0,42	0,38		0,42	0,42	0,38
% Ab		56%	56%	64%		54%	54%	54%		52%	54%	54%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.50 – Dimensionamento Ex. G: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	14,94	0,84	0,85	0,61	11,08	0,62	0,72	0,50	12,16	0,68	0,76	0,53
2	14,73	0,83	0,82	0,66	13,24	0,74	0,73	0,62	13,57	0,76	0,75	0,63
3	11,86	0,67	0,70	0,50	11,23	0,63	0,68	0,48	10,98	0,62	0,67	0,47
4	11,57	0,65	0,73	0,68	11,08	0,62	0,71	0,66	10,47	0,59	0,69	0,64
5	7,96	0,45	0,44	0,35	11,23	0,63	0,62	0,46	12,37	0,69	0,68	0,50
6	8,54	0,48	0,47	0,35	10,27	0,58	0,57	0,42	9,72	0,55	0,54	0,39
7	16,12	0,90	0,96	0,69	15,35	0,86	0,93	0,67	15,39	0,86	0,93	0,67
8	12,96	0,73	0,72	0,56	13,91	0,78	0,77	0,59	13,50	0,76	0,75	0,58
9	17,18	1,07	1,03	0,70	15,35	0,96	0,97	0,63	16,65	1,04	1,01	0,68
10	14,94	0,84	0,84	0,61	10,27	0,58	0,68	0,45	11,74	0,66	0,73	0,48
11	19,22	1,20	1,10	1,27	19,22	1,20	1,10	1,27	19,22	1,20	1,10	1,27
12	9,38	0,53	0,52	0,41	11,08	0,62	0,61	0,46	10,93	0,61	0,60	0,46
13	14,84	0,83	0,82	0,69	14,84	0,83	0,82	0,69	14,84	0,83	0,82	0,69
14	20,89	1,30	1,29	0,85	13,91	0,87	1,04	0,74	16,92	1,06	1,15	0,76
15	13,88	0,78	0,96	1,26	15,35	0,86	1,03	1,35	15,00	0,84	1,01	1,33
16	12,41	0,70	0,74	0,72	13,24	0,74	0,77	0,75	13,06	0,73	0,77	0,74
17	12,60	0,71	0,72	0,63	11,23	0,63	0,68	0,58	10,63	0,60	0,65	0,56
18	11,37	0,64	0,63	0,55	11,23	0,63	0,62	0,55	11,36	0,64	0,63	0,55
Max.	20,89	1,30	1,29	1,27	19,22	1,20	1,10	1,35	19,22	1,20	1,15	1,33
Média		0,71	0,73	0,63		0,71	0,74	0,64		0,71	0,74	0,63
% Ab		58%	59%	61%		54%	59%	67%		54%	52%	65%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.51 – Dimensionamento Ex. G: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	15,74	0,64	0,64	0,52	11,82	0,48	0,49	0,40	12,91	0,53	0,53	0,43
2	15,70	0,64	0,64	0,52	14,06	0,57	0,57	0,47	14,43	0,59	0,59	0,48
3	12,70	0,52	0,52	0,42	11,96	0,49	0,49	0,40	11,75	0,48	0,48	0,39
4	12,32	0,50	0,50	0,52	11,82	0,48	0,48	0,51	11,21	0,46	0,46	0,49
5	8,72	0,36	0,35	0,29	11,96	0,49	0,49	0,40	13,09	0,53	0,53	0,44
6	9,30	0,38	0,38	0,31	11,06	0,45	0,45	0,37	10,50	0,43	0,43	0,35
7	16,83	0,69	0,68	0,56	16,11	0,66	0,66	0,54	16,14	0,66	0,66	0,54
8	13,71	0,56	0,56	0,46	14,66	0,60	0,60	0,49	14,25	0,58	0,58	0,48
9	18,13	0,82	0,74	0,60	16,11	0,73	0,66	0,54	17,48	0,79	0,71	0,58
10	15,81	0,65	0,64	0,53	11,06	0,45	0,46	0,37	12,56	0,51	0,51	0,42
11	20,07	0,91	1,10	0,85	20,07	0,91	1,10	0,85	20,07	0,91	1,10	0,85
12	10,09	0,41	0,41	0,34	11,82	0,48	0,48	0,39	11,67	0,48	0,47	0,39
13	15,65	0,64	0,64	0,52	15,65	0,64	0,64	0,52	15,65	0,64	0,64	0,52
14	21,59	0,98	1,29	0,72	14,66	0,66	1,05	0,60	17,65	0,80	1,15	0,62
15	14,64	0,60	0,65	0,89	16,11	0,66	0,69	0,94	15,74	0,64	0,68	0,93
16	13,16	0,54	0,54	0,52	14,06	0,57	0,57	0,54	13,86	0,57	0,56	0,54
17	13,32	0,54	0,54	0,48	11,96	0,49	0,49	0,45	11,35	0,46	0,46	0,43
18	12,07	0,49	0,49	0,40	11,96	0,49	0,49	0,40	12,09	0,49	0,49	0,40
Max.	21,59	0,98	1,29	0,89	20,07	0,91	1,10	0,94	20,07	0,91	1,15	0,93
Média		0,55	0,56	0,49		0,55	0,56	0,49		0,55	0,56	0,49
% Ab		58%	58%	56%		54%	54%	65%		54%	54%	68%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.9 Exemplo H – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.8- Exemplo H – Edificação térrea.

Tabela B.52 – Carregamentos do Exemplo H

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	12,2	0,0	1,3	13,5	7,1	20,7	20,2	15,4	15,9
PAR 2	32,8	0,0	2,6	35,4	22,6	57,9	17,8	15,1	15,4
PAR 3	12,2	0,0	1,3	13,5	7,1	20,7	20,2	14,1	15,6
PAR 4	35,1	0,0	1,5	36,6	21,9	58,4	18,6	15,4	15,5
PAR 5	12,3	0,0	1,1	13,4	7,8	21,2	18,8	14,8	16,2
PAR 6	10,9	0,0	1,3	12,2	7,3	19,5	18,5	14,1	14,8
PAR 7	16,3	0,0	0,0	16,3	19,8	36,0	12,6	14,8	13,5
PAR 8	30,8	2,1	0,8	33,7	29,7	63,4	14,8	14,6	13,4
PAR 9	17,8	0,0	0,8	18,6	20,8	39,4	13,1	15,3	14,6
PAR 10	13,9	2,1	0,7	16,8	9,5	26,3	19,1	20,5	20,1
PAR 11	15,9	0,0	1,2	17,1	9,5	26,6	19,4	14,6	13,4
PAR 12	56,5	36,7	0,4	93,6	23,5	117,1	29,7	24,7	25,5
PAR 13	15,2	9,0	2,1	26,2	9,9	36,1	25,3	26,4	25,7
PAR 14	9,8	0,0	1,7	11,5	9,4	20,9	15,5	15,3	15,8
PAR 15	20,6	32,4	0,8	53,8	30,7	84,4	16,4	16,4	16,4
PAR 16	5,9	0,0	1,7	7,6	3,5	11,1	22,2	25,7	26,2
PAR 17	5,9	2,1	1,7	9,7	4,0	13,7	23,9	20,5	21,5
PAR 18	6,3	2,1	1,3	9,7	6,2	15,9	17,7	14,6	15,9
PAR 19	17,8	0,0	1,3	19,1	28,1	47,2	11,7	15,4	15,1
PAR 20	23,7	40,7	0,0	64,5	6,0	70,4	70,4	70,4	70,4
PAR 21	27,8	0,9	1,2	29,9	17,0	46,9	19,1	25,7	24,8
PAR 22	1,7	0,0	0,4	2,1	14,4	16,5	7,9	14,6	18,0
PAR 23	19,7	0,0	0,0	19,7	14,9	34,7	16,1	14,6	13,9
PAR 24	15,1	0,0	1,6	16,7	21,9	38,6	12,2	15,1	14,7
PAR 25	18,6	0,0	1,2	19,7	16,5	36,2	15,3	14,8	15,9
PAR 26	64,2	0,0	0,5	64,7	48,4	113,1	16,2	15,3	15,5
PAR 27	4,4	0,0	1,0	5,4	4,5	9,9	15,3	14,8	13,9
PAR 28	13,7	0,0	0,5	14,2	24,1	38,3	11,0	14,1	13,5
TOTAL	536,9	128,2	30,0	695,2	446,2	1.141,4	70,4	70,4	70,4
(%)	47,04%	11,23%	2,63%	60,91%	39,09%	100,00%			

Tabela B.53 – Dimensionamento Ex. H: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	20,16	1,53	1,36	1,03	15,35	1,17	1,16	0,88	15,91	1,21	1,18	0,90
2	17,83	1,36	1,17	1,23	15,08	1,15	1,06	1,11	15,42	1,17	1,07	1,13
3	20,16	1,53	1,36	1,03	14,14	1,08	1,11	0,84	15,60	1,19	1,17	0,89
4	18,55	1,41	1,05	1,06	15,35	1,17	0,94	0,94	15,48	1,18	0,94	0,95
5	18,83	1,43	1,26	0,97	14,77	1,12	1,09	0,85	16,25	1,24	1,15	0,89
6	18,54	1,41	1,17	0,90	14,14	1,08	1,00	0,77	14,78	1,13	1,03	0,78
7	12,65	0,96	0,63	0,59	14,77	1,12	0,73	0,69	13,46	1,02	0,67	0,63
8	14,84	1,13	0,79	0,80	14,58	1,11	0,79	0,79	13,36	1,02	0,74	0,74
9	13,15	1,00	0,78	0,83	15,31	1,17	0,86	0,92	14,58	1,11	0,83	0,89
10	19,13	1,46	1,12	0,94	20,52	1,56	1,17	0,98	20,12	1,53	1,15	0,97
11	19,36	1,47	1,08	0,95	14,58	1,11	0,92	0,81	13,43	1,02	0,88	0,78
12	29,66	1,89	1,77	1,83	24,73	1,58	1,59	1,62	25,50	1,63	1,63	1,67
13	25,34	1,93	1,62	1,65	26,45	2,01	1,69	1,74	25,74	1,96	1,65	1,68
14	15,47	1,18	0,87	0,72	15,31	1,17	0,86	0,72	15,84	1,21	0,88	0,74
15	16,39	1,05	0,95	1,03	16,39	1,05	0,95	1,03	16,39	1,05	0,95	1,03
16	22,17	1,87	1,44	1,03	25,72	2,17	1,57	1,20	26,23	2,22	1,59	1,22
17	23,86	1,82	1,52	1,11	20,52	1,56	1,39	0,96	21,49	1,64	1,43	1,00
18	17,72	1,35	1,06	0,83	14,58	1,11	0,94	0,69	15,92	1,21	0,99	0,74
19	11,65	0,89	0,65	0,67	15,35	1,17	0,80	0,82	15,11	1,15	0,79	0,81
20	70,44	4,49	4,66	4,79	70,44	4,49	4,66	4,79	70,44	4,49	4,66	4,79
21	19,14	1,46	1,57	1,99	25,72	1,96	1,88	2,20	24,77	1,89	1,84	2,24
22	7,94	0,60	0,41	0,37	14,58	1,11	0,72	0,68	18,02	1,37	0,89	0,84
23	16,12	1,23	1,34	1,83	14,58	1,11	1,25	1,72	13,89	1,06	1,22	1,67
24	12,24	0,93	0,65	0,66	15,08	1,15	0,75	0,77	14,72	1,12	0,74	0,76
25	15,25	1,16	1,62	1,55	14,77	1,12	1,59	1,51	15,88	1,21	1,67	1,59
26	16,21	1,23	1,17	1,31	15,31	1,17	1,13	1,26	15,53	1,18	1,14	1,27
27	15,29	1,16	1,27	0,94	14,77	1,12	1,24	0,92	13,88	1,06	1,19	0,88
28	11,03	0,84	0,65	0,68	14,14	1,08	0,78	0,81	13,51	1,03	0,75	0,79
Max.	70,44	4,49	4,66	4,79	70,44	4,49	4,66	4,79	70,44	4,49	4,66	4,79
Média		1,27	1,11	1,13		1,28	1,12	1,13		1,28	1,12	1,14
% Ab		63%	53%	64%		83%	63%	68%		80%	60%	68%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.54 – Dimensionamento Ex. H: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	17,02	1,79	2,75	1,10	12,50	1,31	2,34	0,93	12,94	1,36	2,38	0,95
2	14,86	1,56	2,36	1,41	12,17	1,28	2,11	1,26	12,50	1,31	2,14	1,28
3	17,02	1,79	2,75	1,10	11,26	1,18	2,22	0,89	12,67	1,33	2,35	0,94
4	15,71	1,65	2,06	1,20	12,50	1,31	1,81	1,06	12,67	1,33	1,83	1,06
5	15,80	1,66	2,53	1,08	11,93	1,25	2,17	0,93	13,32	1,40	2,30	0,98
6	15,40	1,62	2,26	0,95	11,26	1,18	1,90	0,80	11,86	1,24	1,95	0,82
7	9,99	1,05	1,15	0,67	11,93	1,25	1,29	0,75	10,67	1,12	1,20	0,69
8	12,10	1,27	1,51	0,88	11,79	1,24	1,49	0,87	10,60	1,11	1,40	0,81
9	10,38	1,09	1,46	0,87	12,55	1,32	1,65	0,99	11,85	1,24	1,59	0,95
10	16,26	1,71	2,22	1,30	17,38	1,82	2,31	1,35	17,05	1,79	2,28	1,34
11	16,38	1,72	2,08	1,21	11,79	1,24	1,75	1,01	10,59	1,11	1,66	0,96
12	26,54	2,10	2,57	2,13	21,76	1,72	2,33	1,88	22,52	1,78	2,34	1,94
13	21,97	2,31	3,24	1,91	23,08	2,42	3,42	2,02	22,38	2,35	3,31	1,95
14	12,32	1,29	1,60	0,94	12,55	1,32	1,62	0,95	12,92	1,36	1,65	0,97
15	14,06	1,11	1,34	1,15	14,06	1,11	1,34	1,15	14,06	1,11	1,34	1,15
16	18,18	1,91	2,73	0,94	22,38	2,35	3,09	1,16	22,49	2,36	3,09	1,17
17	20,05	2,10	2,93	1,04	17,38	1,82	2,71	0,92	18,15	1,90	2,77	0,94
18	14,51	1,52	2,02	0,79	11,79	1,24	1,80	0,71	12,95	1,36	1,89	0,74
19	8,87	0,93	1,19	0,71	12,50	1,31	1,52	0,91	12,27	1,29	1,49	0,89
20	68,16	5,38	7,08	5,95	68,16	5,38	7,08	5,95	68,16	5,38	7,08	5,95
21	16,17	1,70	ND	2,34	22,38	2,35	ND	2,74	21,55	2,26	ND	2,81
22	5,21	0,55	ND	0,27	11,79	1,24	ND	0,61	15,20	1,59	ND	0,79
23	13,46	1,41	ND	2,20	11,79	1,24	ND	2,04	11,18	1,17	ND	1,98
24	9,39	0,98	1,18	0,70	12,17	1,28	1,41	0,83	11,82	1,24	1,38	0,82
25	12,41	1,30	ND	1,60	11,93	1,25	ND	1,56	13,06	1,37	ND	1,65
26	13,53	1,42	ND	1,48	12,55	1,32	ND	1,41	12,78	1,34	ND	1,43
27	12,05	1,26	ND	0,99	11,93	1,25	ND	0,99	10,93	1,15	ND	0,94
28	8,32	0,87	1,20	0,72	11,26	1,18	1,48	0,89	10,67	1,12	1,42	0,86
Max.	68,16	5,38	ND	5,95	68,16	5,38	ND	5,95	68,16	5,38	ND	5,95
Média		1,43	ND	1,28		1,44	ND	1,28		1,43	ND	1,29
% Ab		63%	ND	62%		83%	ND	67%		80%	ND	67%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.55 – Dimensionamento Ex. H: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	20,43	0,57	0,55	0,50	15,59	0,43	0,42	0,41	16,16	0,45	0,44	0,42
2	18,08	0,50	0,49	0,44	15,32	0,42	0,42	0,39	15,67	0,43	0,43	0,40
3	20,43	0,57	0,55	0,50	14,38	0,40	0,40	0,39	15,84	0,44	0,43	0,41
4	18,79	0,52	0,51	0,46	15,59	0,43	0,42	0,38	15,72	0,44	0,43	0,39
5	19,08	0,53	0,52	0,47	15,01	0,42	0,41	0,38	16,49	0,46	0,45	0,41
6	18,80	0,52	0,51	0,46	14,38	0,40	0,39	0,35	15,03	0,42	0,41	0,37
7	12,87	0,36	0,35	0,32	15,01	0,42	0,41	0,37	13,70	0,38	0,37	0,34
8	15,07	0,42	0,41	0,37	14,82	0,41	0,40	0,36	13,59	0,38	0,37	0,33
9	13,38	0,37	0,36	0,33	15,55	0,43	0,42	0,38	14,81	0,41	0,40	0,36
10	19,37	0,54	0,53	0,48	20,79	0,58	0,56	0,51	20,38	0,56	0,55	0,50
11	19,61	0,54	0,53	0,48	14,82	0,41	0,40	0,36	13,67	0,38	0,37	0,34
12	29,92	0,81	0,78	0,73	24,98	0,68	0,65	0,64	25,75	0,70	0,67	0,66
13	25,63	0,71	0,70	0,63	26,73	0,74	0,73	0,66	26,03	0,72	0,71	0,64
14	15,74	0,44	0,43	0,39	15,55	0,43	0,42	0,38	16,09	0,45	0,44	0,40
15	16,59	0,45	0,43	0,41	16,59	0,45	0,43	0,41	16,59	0,45	0,43	0,41
16	22,50	0,69	0,67	0,55	26,00	0,80	0,78	0,64	26,54	0,82	0,80	0,65
17	24,18	0,74	0,73	0,59	20,79	0,64	0,62	0,51	21,78	0,67	0,65	0,53
18	17,99	0,55	0,49	0,44	14,82	0,46	0,40	0,36	16,17	0,50	0,44	0,40
19	11,89	0,33	0,32	0,29	15,59	0,43	0,42	0,38	15,35	0,43	0,42	0,38
20	70,63	1,92	1,93	1,94	70,63	1,92	1,93	1,94	70,63	1,92	1,93	1,94
21	19,39	0,54	0,58	0,61	26,00	0,72	0,71	0,71	25,05	0,69	0,68	0,70
22	8,17	0,23	0,22	0,20	14,82	0,41	0,40	0,36	18,25	0,51	0,50	0,45
23	16,35	0,45	0,50	0,53	14,82	0,41	0,47	0,50	14,12	0,39	0,46	0,49
24	12,48	0,35	0,34	0,31	15,32	0,42	0,42	0,38	14,97	0,41	0,41	0,37
25	15,49	0,43	0,63	0,63	15,01	0,42	0,62	0,61	16,12	0,45	0,65	0,64
26	16,44	0,46	0,45	0,45	15,55	0,43	0,42	0,43	15,76	0,44	0,43	0,44
27	15,56	0,48	0,48	0,45	15,01	0,46	0,46	0,44	14,13	0,43	0,45	0,42
28	11,26	0,31	0,31	0,28	14,38	0,40	0,39	0,35	13,75	0,38	0,37	0,34
Max.	70,63	1,92	1,93	1,94	70,63	1,92	1,93	1,94	70,63	1,92	1,93	1,94
Média		0,49	0,49	0,46		0,49	0,49	0,46		0,49	0,49	0,46
% Ab		63%	56%	63%		83%	79%	76%		78%	76%	76%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.56 – Dimensionamento Ex. H: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	17,78	1,00	1,09	0,78	13,19	0,74	0,93	0,66	13,66	0,77	0,95	0,67
2	15,58	0,87	0,94	0,84	12,87	0,72	0,84	0,75	13,21	0,74	0,85	0,76
3	17,78	1,00	1,09	0,78	11,96	0,67	0,89	0,63	13,38	0,75	0,94	0,67
4	16,40	0,92	0,91	0,75	13,19	0,74	0,79	0,66	13,35	0,75	0,80	0,67
5	16,53	0,93	1,01	0,76	12,62	0,71	0,87	0,65	14,03	0,79	0,92	0,69
6	16,16	0,91	0,96	0,67	11,96	0,67	0,81	0,57	12,57	0,71	0,83	0,58
7	10,63	0,60	0,59	0,43	12,62	0,71	0,70	0,51	11,35	0,64	0,63	0,46
8	12,77	0,72	0,71	0,55	12,47	0,70	0,69	0,55	11,26	0,63	0,62	0,51
9	11,05	0,62	0,61	0,53	13,22	0,74	0,73	0,60	12,51	0,70	0,69	0,57
10	16,96	0,95	0,95	0,71	18,14	1,02	1,00	0,74	17,79	1,00	0,98	0,73
11	17,10	0,96	0,95	0,71	12,47	0,70	0,78	0,60	11,27	0,63	0,74	0,57
12	27,30	1,38	1,47	1,41	22,48	1,14	1,30	1,24	23,24	1,18	1,34	1,28
13	22,79	1,28	1,36	1,17	23,89	1,34	1,44	1,23	23,19	1,30	1,39	1,19
14	13,08	0,73	0,72	0,53	13,22	0,74	0,73	0,54	13,63	0,77	0,75	0,55
15	14,62	0,74	0,76	0,77	14,62	0,74	0,76	0,77	14,62	0,74	0,76	0,77
16	19,14	1,19	1,14	0,78	23,19	1,45	1,28	0,94	23,39	1,46	1,29	0,95
17	20,97	1,31	1,24	0,85	18,14	1,13	1,15	0,74	18,96	1,18	1,17	0,77
18	15,28	0,86	0,86	0,62	12,47	0,70	0,77	0,51	13,67	0,77	0,81	0,55
19	9,54	0,54	0,53	0,44	13,19	0,74	0,73	0,55	12,96	0,73	0,72	0,54
20	68,71	3,48	3,95	3,85	68,71	3,48	3,95	3,85	68,71	3,48	3,95	3,85
21	16,89	0,95	1,16	1,34	23,19	1,30	1,41	1,58	22,33	1,25	1,39	1,52
22	5,87	0,33	0,32	0,24	12,47	0,70	0,69	0,51	15,88	0,89	0,88	0,64
23	14,11	0,79	0,96	1,22	12,47	0,70	0,89	1,13	11,84	0,66	0,86	1,10
24	10,08	0,57	0,56	0,44	12,87	0,72	0,71	0,52	12,52	0,70	0,69	0,51
25	13,09	0,74	1,00	1,08	12,62	0,71	0,98	1,05	13,74	0,77	1,03	1,11
26	14,18	0,80	0,90	0,89	13,22	0,74	0,86	0,85	13,45	0,75	0,87	0,86
27	12,83	0,72	0,87	0,70	12,62	0,71	0,87	0,70	11,65	0,65	0,82	0,66
28	8,97	0,50	0,50	0,45	11,96	0,67	0,66	0,56	11,36	0,64	0,63	0,53
Max.	68,71	3,48	3,95	3,85	68,71	3,48	3,95	3,85	68,71	3,48	3,95	3,85
Média		0,84	0,89	0,80		0,84	0,91	0,81		0,84	0,91	0,81
% Ab		63%	47%	63%		83%	78%	68%		80%	74%	68%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.57 – Dimensionamento Ex. H: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	18,61	0,76	0,76	0,63	13,94	0,57	0,62	0,54	14,44	0,59	0,64	0,55
2	16,36	0,67	0,67	0,61	13,64	0,56	0,56	0,55	13,98	0,57	0,57	0,56
3	18,61	0,76	0,76	0,63	12,72	0,52	0,60	0,51	14,15	0,58	0,63	0,54
4	17,15	0,70	0,70	0,57	13,94	0,57	0,57	0,51	14,09	0,58	0,57	0,51
5	17,33	0,71	0,71	0,59	13,37	0,55	0,58	0,51	14,80	0,60	0,61	0,54
6	16,98	0,69	0,69	0,57	12,72	0,52	0,55	0,45	13,34	0,54	0,56	0,47
7	11,33	0,46	0,46	0,38	13,37	0,55	0,54	0,45	12,08	0,49	0,49	0,40
8	13,49	0,55	0,55	0,45	13,20	0,54	0,54	0,44	11,99	0,49	0,49	0,40
9	11,78	0,48	0,48	0,41	13,95	0,57	0,57	0,46	13,23	0,54	0,54	0,44
10	17,71	0,72	0,72	0,59	18,97	0,77	0,77	0,63	18,60	0,76	0,76	0,62
11	17,89	0,73	0,73	0,60	13,20	0,54	0,54	0,48	12,02	0,49	0,52	0,46
12	28,12	1,09	1,08	0,99	23,26	0,90	0,94	0,88	24,02	0,93	0,97	0,90
13	23,68	0,97	0,96	0,86	24,78	1,01	1,01	0,91	24,08	0,98	0,98	0,88
14	13,91	0,57	0,57	0,46	13,95	0,57	0,57	0,46	14,40	0,59	0,59	0,48
15	15,24	0,59	0,59	0,58	15,24	0,59	0,59	0,58	15,24	0,59	0,59	0,58
16	20,19	0,92	1,16	0,67	24,06	1,09	1,29	0,80	24,38	1,11	1,30	0,81
17	21,97	1,00	0,89	0,73	18,97	0,86	0,79	0,63	19,84	0,90	0,81	0,66
18	16,13	0,66	0,66	0,54	13,20	0,54	0,54	0,44	14,45	0,59	0,59	0,48
19	10,28	0,42	0,42	0,34	13,94	0,57	0,57	0,46	13,70	0,56	0,56	0,46
20	69,31	2,69	2,82	2,86	69,31	2,69	2,82	2,86	69,31	2,69	2,82	2,86
21	17,67	0,72	0,76	0,96	24,06	0,98	0,98	1,09	23,18	0,95	0,94	1,10
22	6,59	0,27	0,27	0,22	13,20	0,54	0,54	0,44	16,62	0,68	0,68	0,55
23	14,81	0,60	0,65	0,86	13,20	0,54	0,60	0,80	12,55	0,51	0,59	0,78
24	10,83	0,44	0,44	0,36	13,64	0,56	0,56	0,45	13,29	0,54	0,54	0,44
25	13,84	0,57	0,73	0,85	13,37	0,55	0,71	0,83	14,49	0,59	0,75	0,87
26	14,89	0,61	0,61	0,66	13,95	0,57	0,57	0,63	14,17	0,58	0,58	0,64
27	13,69	0,62	0,60	0,59	13,37	0,61	0,59	0,58	12,42	0,56	0,56	0,56
28	9,69	0,40	0,39	0,32	12,72	0,52	0,52	0,42	12,11	0,49	0,49	0,40
Max.	69,31	2,69	2,82	2,86	69,31	2,69	2,82	2,86	69,31	2,69	2,82	2,86
Média		0,65	0,66	0,61		0,65	0,66	0,62		0,65	0,66	0,62
% Ab		63%	60%	64%		83%	79%	65%		80%	76%	67%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.10 Exemplo I – Edificação térrea

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.9- Exemplo I – Edificação térrea.

Tabela B.58 – Carregamentos do Exemplo I – parte I

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. A 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	16,8	0,0	70,2	87,1	9,7	96,8	69,1	35,2	40,5
PAR 2	30,5	0,0	3,5	34,0	16,0	50,0	21,7	16,8	17,8
PAR 3	15,7	0,0	1,7	17,5	8,0	25,5	22,1	12,9	16,0
PAR 4	39,6	0,0	0,7	40,3	31,8	72,1	15,8	14,5	14,8
PAR 5	17,1	3,8	0,0	20,8	15,5	36,3	16,3	12,9	13,7
PAR 6	19,4	3,5	1,2	24,1	19,1	43,2	15,7	15,5	16,7
PAR 7	17,4	0,0	0,7	18,2	13,2	31,4	16,5	16,2	16,2
PAR 8	16,2	0,0	0,8	17,0	12,2	29,1	16,6	15,1	13,9
PAR 9	23,1	0,0	0,4	23,5	19,6	43,1	15,2	15,1	13,9
PAR 10	8,4	0,0	1,2	9,5	5,7	15,3	18,5	15,1	16,3
PAR 11	17,3	1,4	1,0	19,6	16,5	36,1	15,2	17,9	17,0
PAR 12	18,7	9,8	0,8	29,4	15,6	45,0	20,0	20,6	20,4
PAR 13	6,4	0,0	0,5	6,8	6,2	13,1	14,6	19,6	19,1
PAR 14	32,2	3,6	17,1	52,8	16,3	69,1	29,4	22,6	23,3
PAR 15	15,1	11,7	8,0	34,7	5,6	40,3	50,4	20,0	30,2
PAR 16	19,2	23,4	10,7	53,2	13,9	67,1	33,6	17,8	22,1
PAR 17	15,4	1,1	1,7	18,3	4,5	22,8	35,0	28,1	29,0
PAR 18	23,1	0,0	3,5	26,6	4,9	31,4	44,9	44,9	44,9
PAR 19	14,1	0,0	1,7	15,9	4,5	20,4	31,3	17,8	21,0
PAR 20	12,8	40,4	13,4	66,5	42,7	109,2	17,8	17,8	17,8
PAR 21	4,3	3,6	1,6	9,4	3,1	12,6	27,9	22,6	28,7
PAR 22	8,4	0,0	3,3	11,7	5,2	16,9	22,6	20,6	21,3
PAR 23	6,0	0,0	2,2	8,2	4,2	12,4	20,7	15,1	18,0
PAR 24	7,4	0,0	1,8	9,2	7,5	16,7	15,5	16,2	16,0
PAR 25	22,2	0,0	1,9	24,1	27,4	51,5	13,0	14,5	13,9
PAR 26	9,5	0,0	0,7	10,3	14,2	24,5	12,0	35,2	31,5
PAR 27	3,5	0,0	0,8	4,3	10,1	14,4	9,9	22,6	19,7
PAR 28	1,2	0,0	0,7	2,0	10,4	12,4	8,3	15,1	15,1
PAR 29	3,7	1,1	0,7	5,5	3,3	8,8	18,6	28,1	26,8

Tabela B.59 – Carregamentos do Exemplo I – parte II

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. A 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 30	12,7	0,0	1,4	14,1	19,1	33,2	12,1	20,0	15,5
PAR 31	28,5	22,6	0,8	52,0	28,8	80,8	19,5	20,0	21,1
PAR 32	11,6	0,3	1,7	13,6	10,4	24,0	16,0	15,1	17,2
PAR 33	14,3	0,0	1,7	16,0	14,8	30,8	14,5	14,5	15,0
PAR 34	16,3	0,0	2,1	18,4	16,5	34,9	14,7	15,5	14,3
PAR 35	18,3	7,6	1,7	27,6	27,3	54,8	14,0	16,8	16,2
PAR 36	16,1	0,0	2,3	18,4	7,6	26,1	23,7	19,6	20,0
PAR 37	12,2	0,0	1,7	13,9	4,7	18,6	27,6	17,9	21,4
PAR 38	0,6	3,8	0,7	5,1	4,0	9,1	15,9	12,9	15,6
PAR 39	5,0	0,0	1,6	6,6	1,7	8,3	33,2	33,2	33,2
PAR 40	10,3	3,5	2,0	15,8	12,0	27,8	16,1	15,5	15,0
PAR 41	9,5	0,0	10,8	20,3	38,7	59,0	10,6	17,8	15,9
PAR 42	11,7	7,0	0,7	19,4	46,4	65,7	9,9	12,9	11,8
TOTAL	611,9	148,3	181,6	941,7	598,7	1.540,5	69,1	44,9	44,9
(%)	39,72%	9,63%	11,79%	61,13%	38,87%	100,00%			

Tabela B.60 – Dimensionamento Ex. I: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	69,12	5,26	4,50	3,94	35,16	2,68	3,34	2,92	40,54	3,09	3,52	3,08
2	21,72	1,65	1,50	1,56	16,84	1,28	1,30	1,35	17,85	1,36	1,34	1,40
3	22,15	1,69	1,56	1,23	12,86	0,98	1,17	0,92	16,00	1,22	1,30	1,02
4	15,75	1,20	0,89	0,89	14,49	1,10	0,84	0,85	14,80	1,13	0,85	0,86
5	16,31	1,24	1,06	1,10	12,86	0,98	0,92	0,95	13,70	1,04	0,96	0,99
6	15,71	1,20	0,94	0,96	15,45	1,18	0,93	0,95	16,68	1,27	0,98	1,00
7	16,52	1,26	1,06	1,12	16,16	1,23	1,05	1,10	16,24	1,24	1,05	1,11
8	16,63	1,27	1,15	1,23	15,14	1,15	1,08	1,16	13,93	1,06	1,03	1,10
9	15,25	1,16	0,95	1,01	15,14	1,15	0,94	1,00	13,86	1,05	0,89	0,95
10	18,49	1,41	1,27	0,93	15,14	1,15	1,13	0,83	16,26	1,24	1,17	0,86
11	15,20	1,16	1,18	1,49	17,93	1,36	1,32	1,67	16,95	1,29	1,27	1,60
12	20,00	1,52	1,14	1,16	20,65	1,57	1,17	1,18	20,43	1,55	1,16	1,17
13	14,55	1,11	0,78	0,68	19,59	1,49	0,97	0,91	19,13	1,46	0,95	0,89
14	29,41	2,24	2,17	2,32	22,61	1,72	1,88	2,01	23,26	1,77	1,91	2,04
15	50,37	3,83	3,47	2,46	20,04	1,52	2,35	2,15	30,24	2,30	2,72	2,15
16	33,56	2,55	2,16	2,19	17,81	1,36	1,59	1,61	22,07	1,68	1,75	1,77
17	35,04	2,67	2,54	1,76	28,10	2,14	2,27	1,57	29,04	2,21	2,30	1,60
18	44,90	3,42	3,64	2,57	44,90	3,42	3,64	2,57	44,90	3,42	3,64	2,57
19	31,33	2,38	2,47	1,75	17,81	1,36	1,87	1,48	20,95	1,59	2,01	1,48
20	17,76	1,35	1,02	1,04	17,76	1,35	1,02	1,04	17,76	1,35	1,02	1,04
21	27,90	2,36	1,85	1,30	22,61	1,91	1,65	1,07	28,66	2,42	1,88	1,34
22	22,59	1,72	1,63	1,15	20,65	1,57	1,54	1,09	21,30	1,62	1,57	1,11
23	20,69	1,57	1,62	1,11	15,14	1,15	1,36	0,93	17,97	1,37	1,49	1,02
24	15,53	1,18	1,06	0,85	16,16	1,23	1,08	0,87	16,02	1,22	1,08	0,87
25	13,04	0,99	0,69	0,70	14,49	1,10	0,74	0,75	13,89	1,06	0,72	0,73
26	11,96	0,91	0,72	0,76	35,16	2,68	1,74	1,80	31,48	2,40	1,56	1,63
27	9,94	0,76	0,49	0,46	22,61	1,72	1,12	1,06	19,68	1,50	0,97	0,92
28	8,26	0,63	0,41	0,43	15,14	1,15	0,75	0,74	15,11	1,15	0,75	0,73
29	18,62	1,57	1,13	0,87	28,10	2,38	1,48	1,31	26,83	2,27	1,44	1,25
30	12,07	0,92	0,65	0,68	20,04	1,52	0,99	0,99	15,54	1,18	0,78	0,81
31	19,47	1,48	1,41	1,49	20,04	1,52	1,43	1,52	21,05	1,60	1,48	1,57
32	15,98	1,22	1,47	2,28	15,14	1,15	1,42	2,21	17,23	1,31	1,55	2,40
33	14,48	1,10	0,95	1,03	14,49	1,10	0,95	1,03	14,95	1,14	0,97	1,05
34	14,70	1,12	1,09	1,35	15,45	1,18	1,13	1,39	14,34	1,09	1,08	1,33
35	13,97	1,06	0,80	0,83	16,84	1,28	0,91	0,94	16,24	1,24	0,89	0,92
36	23,71	1,80	1,90	1,60	19,59	1,49	1,71	1,44	19,96	1,52	1,73	1,46
37	27,57	2,10	1,90	1,31	17,93	1,36	1,52	1,09	21,38	1,63	1,65	1,14
38	15,88	1,21	0,87	0,74	12,86	0,98	0,76	0,60	15,56	1,18	0,85	0,73
39	33,24	2,81	4,03	1,55	33,24	2,81	4,03	1,55	33,24	2,81	4,03	1,55
40	16,09	1,22	1,02	1,08	15,45	1,18	0,99	1,05	15,03	1,14	0,97	1,04
41	10,58	0,81	0,56	0,58	17,81	1,36	0,88	0,88	15,91	1,21	0,79	0,80
42	9,85	0,75	0,57	0,62	12,86	0,98	0,71	0,77	11,81	0,90	0,66	0,72
Max.	69	5,26	4,50	3,94	45	3,42	4,03	2,92	45	3,42	4,03	3,08
Média		1,36	1,16	1,14		1,36	1,17	1,17		1,36	1,17	1,16
% Ab		73%	71%	66%		70%	71%	68%		73%	68%	68%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.61 – Dimensionamento Ex. I: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	47,25	4,96	6,84	3,99	24,62	2,58	5,12	2,99	28,21	2,96	5,40	3,15
2	18,48	1,94	3,03	1,82	13,86	1,45	2,60	1,56	14,82	1,55	2,69	1,61
3	18,91	1,98	3,10	1,38	9,93	1,04	2,27	1,01	12,90	1,35	2,55	1,13
4	13,03	1,37	1,71	1,00	11,68	1,23	1,61	0,94	11,99	1,26	1,63	0,96
5	13,65	1,43	2,13	1,28	9,93	1,04	1,79	1,07	10,83	1,14	1,87	1,12
6	12,58	1,32	1,78	1,05	12,26	1,29	1,75	1,04	13,39	1,41	1,85	1,10
7	13,71	1,44	2,14	1,29	13,17	1,38	2,09	1,26	13,29	1,39	2,10	1,26
8	13,80	1,45	2,26	1,36	12,18	1,28	2,10	1,27	11,01	1,15	1,99	1,20
9	12,54	1,32	1,84	1,10	12,18	1,28	1,81	1,08	10,98	1,15	1,71	1,02
10	15,29	1,60	2,55	0,96	12,18	1,28	2,25	0,85	13,16	1,38	2,34	0,88
11	12,38	1,30	ND	1,71	14,94	1,57	ND	1,92	14,03	1,47	ND	1,84
12	17,20	1,80	2,28	1,33	17,46	1,83	2,30	1,34	17,37	1,82	2,30	1,34
13	11,69	1,23	1,45	0,61	16,40	1,72	1,80	0,85	15,97	1,68	1,77	0,83
14	23,98	2,52	4,23	2,55	18,20	1,91	3,67	2,21	18,75	1,97	3,72	2,24
15	41,85	4,39	6,49	2,41	16,44	1,73	4,41	2,12	25,30	2,65	5,14	2,12
16	27,22	2,86	3,95	2,31	13,67	1,43	2,88	1,69	17,20	1,80	3,16	1,85
17	31,35	3,29	5,18	1,84	24,60	2,58	4,58	1,66	25,51	2,68	4,66	1,66
18	40,34	4,23	7,76	2,81	40,34	4,23	7,76	2,81	40,34	4,23	7,76	2,81
19	27,65	2,90	5,18	1,82	13,67	1,43	3,76	1,62	17,41	1,83	4,14	1,62
20	14,26	1,50	1,91	1,12	14,26	1,50	1,91	1,12	14,26	1,50	1,91	1,12
21	23,91	2,79	3,70	1,24	18,20	2,12	3,22	1,10	23,94	2,79	3,71	1,24
22	18,25	1,91	3,12	1,18	17,46	1,83	3,04	1,15	17,72	1,86	3,07	1,16
23	16,61	1,74	ND	1,14	12,18	1,28	ND	0,97	14,57	1,53	ND	1,06
24	12,23	1,28	2,05	0,86	13,17	1,38	2,14	0,90	12,97	1,36	2,12	0,89
25	10,20	1,07	1,27	0,74	11,68	1,23	1,38	0,81	11,09	1,16	1,34	0,78
26	9,16	0,96	1,36	0,82	24,62	2,58	2,86	1,72	22,17	2,33	2,62	1,58
27	7,06	0,74	0,77	0,45	18,20	1,91	1,72	0,97	15,52	1,63	1,47	0,84
28	5,41	0,57	0,66	0,40	12,18	1,28	1,35	0,82	12,30	1,29	1,36	0,82
29	15,36	1,61	2,16	0,80	24,60	2,58	2,92	1,28	23,36	2,45	2,82	1,21
30	9,22	0,97	1,20	0,71	16,44	1,73	1,82	1,08	12,14	1,27	1,45	0,86
31	16,34	1,71	2,88	1,74	16,44	1,73	2,89	1,75	17,59	1,85	3,01	1,82
32	12,89	1,35	ND	2,85	12,18	1,28	ND	2,76	14,19	1,49	ND	3,02
33	11,52	1,21	1,82	1,09	11,68	1,23	1,83	1,10	12,11	1,27	1,87	1,13
34	11,70	1,23	ND	1,49	12,26	1,29	ND	1,53	11,32	1,19	ND	1,46
35	11,15	1,17	1,53	0,91	13,86	1,45	1,76	1,05	13,30	1,40	1,72	1,02
36	20,25	2,12	ND	1,84	16,40	1,72	ND	1,64	16,75	1,76	ND	1,66
37	23,95	2,51	3,87	1,34	14,94	1,57	3,07	1,18	18,16	1,91	3,35	1,18
38	12,73	1,34	1,61	0,66	9,93	1,04	1,39	0,51	12,66	1,33	1,60	0,66
39	28,18	3,29	ND	1,46	28,18	3,29	ND	1,46	28,18	3,29	ND	1,46
40	12,51	1,31	1,92	1,15	12,26	1,29	1,90	1,14	11,73	1,23	1,85	1,11
41	7,18	0,75	0,93	0,56	13,67	1,43	1,53	0,92	11,97	1,26	1,38	0,83
42	6,90	0,72	ND	0,65	9,93	1,04	ND	0,86	8,88	0,93	ND	0,79
Max.	47	4,96	ND	3,99	40	4,23	ND	2,99	40	4,23	ND	3,15
Média		1,50	ND	1,24		1,50	ND	1,27		1,50	ND	1,26
% Ab		73%	ND	62%		70%	ND	68%		70%	ND	69%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.62 – Dimensionamento Ex. I: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	70,97	1,97	1,93	1,75	36,05	1,00	1,73	1,57	41,58	1,15	1,73	1,57
2	21,99	0,61	0,60	0,54	17,09	0,47	0,46	0,47	18,10	0,50	0,49	0,48
3	22,42	0,62	0,61	0,55	13,11	0,36	0,45	0,45	16,26	0,45	0,46	0,46
4	15,98	0,44	0,43	0,39	14,73	0,41	0,40	0,36	15,04	0,42	0,41	0,37
5	16,54	0,46	0,45	0,41	13,11	0,36	0,36	0,34	13,94	0,39	0,38	0,35
6	15,97	0,44	0,43	0,39	15,72	0,44	0,43	0,39	16,95	0,47	0,46	0,42
7	16,75	0,46	0,45	0,41	16,41	0,45	0,45	0,40	16,48	0,46	0,45	0,40
8	16,87	0,47	0,46	0,43	15,39	0,43	0,42	0,40	14,18	0,39	0,38	0,38
9	15,48	0,43	0,42	0,38	15,39	0,43	0,42	0,38	14,10	0,39	0,38	0,35
10	18,76	0,58	0,51	0,46	15,39	0,47	0,42	0,39	16,52	0,51	0,45	0,41
11	15,43	0,43	0,43	0,46	18,19	0,50	0,49	0,51	17,20	0,48	0,47	0,49
12	20,23	0,56	0,55	0,50	20,92	0,58	0,57	0,51	20,69	0,57	0,56	0,51
13	14,79	0,46	0,40	0,36	19,86	0,61	0,54	0,49	19,40	0,60	0,53	0,48
14	29,87	0,83	0,81	0,80	22,98	0,64	0,67	0,69	23,64	0,65	0,68	0,70
15	51,09	1,57	1,39	1,25	20,34	0,63	1,19	1,11	30,66	0,94	1,19	1,11
16	34,10	0,94	0,93	0,84	18,16	0,50	0,73	0,67	22,48	0,62	0,73	0,67
17	35,35	1,09	1,08	0,87	28,40	0,87	0,97	0,78	29,33	0,90	0,98	0,78
18	45,28	1,39	1,48	1,25	45,28	1,39	1,48	1,25	45,28	1,39	1,48	1,25
19	31,64	0,97	1,00	0,85	18,16	0,56	0,84	0,76	21,25	0,65	0,84	0,76
20	18,05	0,50	0,49	0,44	18,05	0,50	0,49	0,44	18,05	0,50	0,49	0,44
21	28,23	0,87	0,85	0,69	22,98	0,71	0,72	0,56	29,05	0,89	0,87	0,71
22	22,96	0,71	0,69	0,56	20,92	0,64	0,64	0,53	21,60	0,66	0,65	0,54
23	21,04	0,65	0,63	0,56	15,39	0,47	0,53	0,47	18,26	0,56	0,58	0,51
24	15,80	0,44	0,43	0,39	16,41	0,45	0,45	0,40	16,28	0,45	0,44	0,40
25	13,28	0,37	0,36	0,33	14,73	0,41	0,40	0,36	14,12	0,39	0,38	0,35
26	12,20	0,34	0,33	0,30	36,05	1,00	0,98	0,89	32,26	0,89	0,88	0,79
27	10,18	0,28	0,28	0,25	22,98	0,64	0,62	0,56	20,03	0,55	0,54	0,49
28	8,50	0,24	0,23	0,21	15,39	0,43	0,42	0,38	15,34	0,43	0,42	0,38
29	18,89	0,58	0,57	0,46	28,40	0,87	0,85	0,70	27,12	0,83	0,81	0,67
30	12,31	0,34	0,33	0,30	20,34	0,56	0,55	0,50	15,82	0,44	0,43	0,39
31	19,73	0,55	0,54	0,53	20,34	0,56	0,55	0,54	21,34	0,59	0,58	0,55
32	16,24	0,45	0,55	0,58	15,39	0,43	0,53	0,56	17,49	0,48	0,58	0,61
33	14,73	0,41	0,40	0,36	14,73	0,41	0,40	0,36	15,19	0,42	0,41	0,37
34	14,95	0,41	0,41	0,43	15,72	0,44	0,43	0,44	14,59	0,40	0,40	0,42
35	14,21	0,39	0,39	0,35	17,09	0,47	0,46	0,42	16,49	0,46	0,45	0,41
36	24,00	0,66	0,69	0,68	19,86	0,55	0,62	0,61	20,23	0,56	0,62	0,62
37	27,87	0,86	0,84	0,68	18,19	0,56	0,65	0,56	21,65	0,67	0,71	0,56
38	16,15	0,50	0,48	0,40	13,11	0,40	0,39	0,32	15,81	0,49	0,47	0,39
39	33,66	1,04	1,01	0,83	33,66	1,04	1,01	0,83	33,66	1,04	1,01	0,83
40	16,39	0,45	0,45	0,40	15,72	0,44	0,43	0,39	15,31	0,42	0,42	0,38
41	10,87	0,30	0,29	0,27	18,16	0,50	0,49	0,45	16,24	0,45	0,44	0,40
42	10,10	0,28	0,27	0,25	13,11	0,36	0,36	0,32	12,05	0,33	0,33	0,30
Max.	71	1,97	1,93	1,75	45	1,39	1,73	1,57	45	1,39	1,73	1,57
Média		0,51	0,50	0,46		0,51	0,53	0,49		0,51	0,52	0,48
% Ab		73%	71%	71%		72%	70%	67%		73%	71%	66%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.63 – Dimensionamento Ex. I: Alv.4 (Bl.11,5x14x24, e=11,5; PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	52,55	2,95	3,23	2,44	27,17	1,53	2,64	1,93	31,19	1,75	2,64	1,93
2	19,27	1,08	1,20	1,08	14,58	0,82	1,03	0,93	15,55	0,87	1,07	0,96
3	19,69	1,11	1,23	0,93	10,64	0,60	0,91	0,75	13,65	0,77	1,02	0,76
4	13,69	0,77	0,76	0,62	12,36	0,69	0,69	0,59	12,67	0,71	0,70	0,59
5	14,30	0,80	0,85	0,76	10,64	0,60	0,72	0,64	11,53	0,65	0,75	0,67
6	13,34	0,75	0,74	0,65	13,03	0,73	0,73	0,64	14,19	0,80	0,79	0,67
7	14,39	0,81	0,85	0,74	13,89	0,78	0,83	0,72	14,00	0,79	0,84	0,72
8	14,49	0,81	0,90	0,83	12,90	0,72	0,84	0,78	11,71	0,66	0,80	0,74
9	13,20	0,74	0,75	0,66	12,90	0,72	0,74	0,65	11,68	0,66	0,70	0,62
10	16,07	0,90	0,99	0,71	12,90	0,72	0,88	0,63	13,91	0,78	0,92	0,66
11	13,06	0,73	0,85	0,98	15,67	0,88	0,95	1,10	14,74	0,83	0,92	1,06
12	17,88	1,00	0,99	0,83	18,23	1,02	1,01	0,84	18,11	1,02	1,00	0,83
13	12,38	0,70	0,69	0,50	17,17	0,96	0,95	0,70	16,73	0,94	0,93	0,68
14	25,29	1,42	1,67	1,52	19,27	1,08	1,45	1,32	19,84	1,11	1,47	1,34
15	43,91	2,46	2,78	1,80	17,31	0,97	2,16	1,69	26,50	1,49	2,20	1,69
16	28,76	1,61	1,73	1,46	14,67	0,82	1,32	1,07	18,38	1,03	1,39	1,17
17	32,24	1,81	2,13	1,39	25,45	1,43	1,89	1,29	26,36	1,48	1,92	1,29
18	41,44	2,33	2,91	2,06	41,44	2,33	2,91	2,06	41,44	2,33	2,91	2,06
19	28,54	1,60	1,95	1,36	14,67	0,82	1,52	1,25	18,27	1,03	1,57	1,25
20	15,11	0,85	0,84	0,70	15,11	0,85	0,84	0,70	15,11	0,85	0,84	0,70
21	24,87	1,55	3,83	1,01	19,27	1,20	3,35	0,86	25,08	1,56	3,85	1,02
22	19,30	1,08	1,23	0,89	18,23	1,02	1,19	0,86	18,59	1,04	1,20	0,87
23	17,60	0,99	1,19	0,89	12,90	0,72	1,00	0,75	15,40	0,86	1,10	0,83
24	13,02	0,73	0,79	0,63	13,89	0,78	0,82	0,65	13,71	0,77	0,81	0,65
25	10,89	0,61	0,60	0,47	12,36	0,69	0,68	0,51	11,77	0,66	0,65	0,49
26	9,84	0,55	0,54	0,49	27,17	1,53	1,50	1,10	24,42	1,37	1,35	0,99
27	7,76	0,44	0,43	0,31	19,27	1,08	1,07	0,78	16,52	0,93	0,91	0,67
28	6,10	0,34	0,34	0,25	12,90	0,72	0,71	0,52	12,98	0,73	0,72	0,53
29	16,15	1,01	0,92	0,66	25,45	1,59	1,41	1,03	24,20	1,51	1,34	0,98
30	9,91	0,56	0,55	0,43	17,31	0,97	0,96	0,70	12,96	0,73	0,72	0,53
31	17,10	0,96	1,09	1,06	17,31	0,97	1,10	1,07	18,43	1,03	1,14	1,11
32	13,64	0,77	0,99	1,20	12,90	0,72	0,96	1,16	14,93	0,84	1,05	1,27
33	12,23	0,69	0,71	0,68	12,36	0,69	0,72	0,68	12,80	0,72	0,73	0,70
34	12,42	0,70	0,80	0,87	13,03	0,73	0,82	0,90	12,05	0,68	0,78	0,86
35	11,83	0,66	0,65	0,56	14,58	0,82	0,81	0,64	14,01	0,79	0,78	0,62
36	21,09	1,18	1,46	1,24	17,17	0,96	1,31	1,11	17,52	0,98	1,32	1,12
37	24,82	1,39	1,56	1,03	15,67	0,88	1,24	0,92	18,94	1,06	1,36	0,92
38	13,50	0,84	0,75	0,55	10,64	0,66	0,62	0,43	13,36	0,83	0,74	0,54
39	29,41	1,83	4,17	1,19	29,41	1,83	4,17	1,19	29,41	1,83	4,17	1,19
40	13,37	0,75	0,78	0,67	13,03	0,73	0,77	0,66	12,53	0,70	0,75	0,65
41	8,00	0,45	0,44	0,34	14,67	0,82	0,81	0,60	12,92	0,73	0,72	0,52
42	7,62	0,43	0,42	0,39	10,64	0,60	0,59	0,50	9,59	0,54	0,53	0,47
Max.	53	2,95	4,17	2,44	41	2,33	4,17	2,06	41	2,33	4,17	2,06
Média		0,85	0,93	0,77		0,85	0,97	0,80		0,85	0,96	0,79
% Ab		73%	72%	65%		70%	71%	66%		70%	70%	65%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.64 – Dimensionamento Ex. I: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	58,30	2,38	2,37	2,08	29,94	1,22	2,14	1,76	34,44	1,41	2,14	1,76
2	20,12	0,82	0,82	0,81	15,36	0,63	0,69	0,70	16,35	0,67	0,71	0,72
3	20,54	0,84	0,84	0,74	11,41	0,47	0,65	0,61	14,47	0,59	0,69	0,61
4	14,40	0,59	0,59	0,48	13,10	0,53	0,53	0,44	13,41	0,55	0,55	0,45
5	15,00	0,61	0,61	0,57	11,41	0,47	0,49	0,49	12,28	0,50	0,51	0,51
6	14,16	0,58	0,58	0,48	13,87	0,57	0,56	0,48	15,05	0,61	0,61	0,50
7	15,13	0,62	0,62	0,53	14,68	0,60	0,60	0,52	14,78	0,60	0,60	0,52
8	15,23	0,62	0,62	0,59	13,67	0,56	0,56	0,55	12,48	0,51	0,53	0,52
9	13,91	0,57	0,57	0,50	13,67	0,56	0,56	0,50	12,43	0,51	0,51	0,47
10	16,91	0,69	0,69	0,58	13,67	0,56	0,59	0,51	14,73	0,60	0,62	0,53
11	13,80	0,56	0,57	0,71	16,45	0,67	0,67	0,80	15,51	0,63	0,63	0,77
12	18,61	0,76	0,76	0,63	19,07	0,78	0,78	0,64	18,92	0,77	0,77	0,64
13	13,13	0,54	0,53	0,44	18,01	0,74	0,73	0,60	17,57	0,72	0,71	0,59
14	26,72	1,09	1,13	1,16	20,43	0,83	0,98	1,01	21,03	0,86	1,00	1,02
15	46,15	1,88	1,93	1,54	18,26	0,75	1,65	1,42	27,80	1,13	1,65	1,42
16	30,43	1,24	1,24	1,05	15,76	0,64	1,01	0,86	19,66	0,80	1,01	0,86
17	33,21	1,51	1,41	1,15	26,37	1,20	1,25	1,06	27,29	1,24	1,27	1,06
18	42,64	1,93	1,92	1,71	42,64	1,93	1,92	1,71	42,64	1,93	1,92	1,71
19	29,51	1,34	1,32	1,13	15,76	0,71	1,11	1,03	19,20	0,87	1,11	1,03
20	16,03	0,65	0,65	0,53	16,03	0,65	0,65	0,53	16,03	0,65	0,65	0,53
21	25,92	1,18	1,55	0,86	20,43	0,93	1,36	0,72	26,32	1,19	1,56	0,88
22	20,44	0,83	0,85	0,73	19,07	0,78	0,82	0,71	19,53	0,80	0,83	0,72
23	18,67	0,85	0,80	0,72	13,67	0,62	0,67	0,61	16,29	0,74	0,74	0,67
24	13,89	0,57	0,57	0,51	14,68	0,60	0,60	0,53	14,51	0,59	0,59	0,52
25	11,64	0,47	0,47	0,39	13,10	0,53	0,53	0,44	12,50	0,51	0,51	0,42
26	10,58	0,43	0,43	0,35	29,94	1,22	1,22	1,00	26,87	1,10	1,09	0,90
27	8,51	0,35	0,35	0,28	20,43	0,83	0,83	0,68	17,62	0,72	0,72	0,59
28	6,85	0,28	0,28	0,23	13,67	0,56	0,56	0,46	13,72	0,56	0,56	0,46
29	17,01	0,77	0,93	0,57	26,37	1,20	1,32	0,88	25,11	1,14	1,26	0,84
30	10,66	0,44	0,43	0,36	18,26	0,75	0,74	0,61	13,86	0,57	0,56	0,46
31	17,92	0,73	0,73	0,79	18,26	0,75	0,74	0,80	19,34	0,79	0,79	0,83
32	14,45	0,59	0,69	0,87	13,67	0,56	0,67	0,84	15,73	0,64	0,73	0,92
33	13,01	0,53	0,53	0,51	13,10	0,53	0,53	0,52	13,55	0,55	0,55	0,53
34	13,21	0,54	0,54	0,64	13,87	0,57	0,56	0,66	12,84	0,52	0,53	0,63
35	12,58	0,51	0,51	0,42	15,36	0,63	0,63	0,51	14,79	0,60	0,60	0,49
36	22,00	0,90	0,97	0,98	18,01	0,74	0,87	0,87	18,37	0,75	0,87	0,88
37	25,77	1,17	1,05	0,86	16,45	0,75	0,86	0,75	19,79	0,90	0,91	0,75
38	14,33	0,65	0,58	0,48	11,41	0,52	0,46	0,38	14,13	0,64	0,57	0,47
39	30,74	1,39	1,78	1,02	30,74	1,39	1,78	1,02	30,74	1,39	1,78	1,02
40	14,32	0,58	0,58	0,49	13,87	0,57	0,56	0,48	13,40	0,55	0,55	0,47
41	8,90	0,36	0,36	0,30	15,76	0,64	0,64	0,53	13,96	0,57	0,57	0,47
42	8,39	0,34	0,34	0,30	11,41	0,47	0,46	0,39	10,36	0,42	0,42	0,36
Max.	58	2,38	2,37	2,08	43	1,93	2,14	1,76	43	1,93	2,14	1,76
Média		0,66	0,67	0,60		0,66	0,71	0,63		0,66	0,70	0,62
% Ab		73%	71%	67%		70%	70%	64%		70%	68%	65%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.11 Exemplo J – Edificação assobradada

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.10- Exemplo J – Edificação assobradada

Tabela B.65 – Carregamentos do Exemplo J: Laje maciça com continuidade

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 101	15,3	0,0	1,0	16,3	7,2	23,5	21,4	14,1	15,3
PAR 102	17,3	0,0	1,6	18,9	7,2	26,1	23,7	15,6	18,2
PAR 103	17,7	8,2	0,0	25,9	18,2	44,2	15,9	14,1	13,7
PAR 104	9,4	0,0	1,0	10,5	7,2	17,7	16,1	14,1	14,2
PAR 105	13,8	0,0	1,0	14,8	14,8	29,6	13,2	12,6	15,6
PAR 106	21,6	0,0	8,7	30,3	27,9	58,2	13,7	14,1	13,5
PAR 107	5,7	0,0	7,4	13,0	23,7	36,7	10,2	14,1	14,6
PAR 108	26,3	7,3	0,5	34,1	24,0	58,1	15,9	12,6	14,4
PAR 109	11,1	7,3	0,5	18,9	20,2	39,1	12,7	15,6	14,7
PAR 110	17,7	0,0	17,2	34,8	52,1	86,9	11,0	12,6	11,0
TOTAL	155,7	22,8	39,0	217,5	202,6	420,1	23,7	15,6	18,2
(%)	37,08%	5,42%	9,28%	51,78%	48,22%	100,00%			
PAR 1	19,3	18,9	7,0	45,2	6,3	51,5	58,9	51,5	53,1
PAR 2	16,0	41,9	6,0	63,9	6,8	70,7	74,4	31,6	45,0
PAR 3	43,0	63,9	9,9	116,7	26,6	143,3	38,7	31,6	27,1
PAR 4	4,7	8,8	6,5	20,1	2,9	23,0	57,5	54,7	54,9
PAR 5	3,2	34,3	2,5	40,0	10,2	50,3	35,3	31,6	28,5
PAR 6	38,4	71,6	1,4	111,5	31,1	142,6	33,0	31,1	31,4
PAR 7	15,8	53,0	1,4	70,3	26,4	96,7	26,3	31,1	30,6
PAR 8	14,8	69,1	8,7	92,5	13,3	105,9	57,2	51,1	54,4
PAR 9	0,0	46,6	14,8	61,4	30,6	92,0	21,6	31,6	29,3
PAR 10	8,2	40,3	0,0	48,5	25,9	74,4	20,7	31,6	34,6
TOTAL	163,4	448,5	58,2	670,1	180,2	850,2	74,4	54,7	54,9
(%)	19,21%	52,75%	6,85%	78,81%	21,19%	100,00%			

Tabela B.66 – Dimensionamento Ex. J: Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	58,87	4,76	4,47	4,72	51,47	4,16	3,98	4,09	53,14	4,29	4,09	4,23
2	74,40	6,01	5,39	3,86	31,62	2,55	3,71	3,24	45,03	3,64	4,24	3,26
3	38,74	3,13	2,89	3,00	31,62	2,55	2,59	2,68	27,07	2,19	2,39	2,47
4	57,49	5,16	8,51	2,68	54,70	4,91	8,15	2,55	54,86	4,92	8,17	2,56
5	35,28	2,85	2,28	2,29	31,62	2,55	2,12	2,13	28,54	2,31	2,17	2,19
6	32,96	2,66	2,31	2,40	31,06	2,51	2,23	2,32	31,40	2,54	2,23	2,31
7	26,31	2,13	1,71	1,78	31,06	2,51	1,97	1,98	30,65	2,48	1,98	1,99
8	57,22	4,62	3,92	4,04	51,10	4,13	3,49	3,58	54,37	4,39	3,72	3,82
9	21,64	1,75	1,37	1,41	31,62	2,55	1,79	1,80	29,30	2,37	1,66	1,71
10	20,66	1,67	1,26	1,28	31,62	2,55	1,72	1,76	34,61	2,80	1,78	1,81
Max.	74,40	6,01	8,51	4,72	54,70	4,91	8,15	4,09	54,86	4,92	8,17	4,23
Média		2,75	2,40	2,33		2,75	2,40	2,34		2,75	2,40	2,33
% Ab		63%	69%	52%		88%	69%	69%		69%	84%	69%
101	21,40	1,51	1,25	1,05	14,06	0,99	1,00	0,83	15,29	1,08	1,04	0,87
102	23,74	1,67	1,31	1,15	15,62	1,10	1,05	0,92	18,23	1,29	1,14	0,99
103	15,91	1,12	0,99	1,06	14,06	0,99	0,92	0,99	13,74	0,97	0,91	0,97
104	16,09	1,13	1,01	0,87	14,06	0,99	0,93	0,80	14,17	1,00	0,93	0,80
105	13,15	0,93	0,87	0,70	12,63	0,89	0,85	0,68	15,63	1,10	0,98	0,79
106	13,70	0,97	0,83	0,88	14,06	0,99	0,85	0,89	13,46	0,95	0,82	0,87
107	10,20	0,72	0,50	0,51	14,06	0,99	0,70	0,66	14,60	1,03	0,72	0,68
108	15,91	1,12	1,00	1,06	12,63	0,89	0,87	0,93	14,38	1,01	0,93	1,00
109	12,72	0,90	0,63	0,63	15,62	1,10	0,77	0,73	14,69	1,04	0,73	0,69
110	10,97	0,77	0,63	0,71	12,63	0,89	0,70	0,79	10,96	0,77	0,63	0,71
Max.	23,74	1,67	1,31	1,15	15,62	1,10	1,05	0,99	18,23	1,29	1,14	1,00
Média		0,96	0,80	0,81		0,96	0,81	0,81		0,96	0,81	0,81
% Ab		55%	47%	55%		45%	47%	58%		39%	47%	58%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.67 – Dimensionamento Ex. J: Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,59 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	50,18	5,84	10,49	5,33	42,79	4,98	9,36	4,73	44,47	5,18	9,75	4,69
2	61,77	7,19	11,79	3,82	24,86	2,89	8,01	3,14	36,20	4,21	9,17	3,16
3	32,44	3,78	6,97	3,36	24,86	2,89	6,02	2,90	20,95	2,44	5,52	2,66
4	44,52	5,76	8,37	2,31	41,47	5,36	8,16	2,15	41,70	5,39	8,20	2,16
5	27,61	3,21	4,59	2,37	24,86	2,89	4,22	2,18	21,87	2,55	4,38	2,26
6	26,30	3,06	5,00	2,55	24,53	2,86	4,84	2,47	24,89	2,90	4,81	2,46
7	19,55	2,28	3,43	1,76	24,53	2,86	4,19	2,06	24,09	2,80	4,21	2,07
8	49,66	5,78	8,97	4,43	42,68	4,97	7,65	3,93	46,78	5,45	8,42	4,16
9	15,54	1,81	2,64	1,35	24,86	2,89	3,76	1,92	22,61	2,63	3,35	1,72
10	14,48	1,69	2,43	1,19	24,86	2,89	3,49	1,79	27,21	3,17	3,70	1,82
Max.	61,77	7,19	11,79	5,33	42,79	5,36	9,36	4,73	46,78	5,45	9,75	4,69
Média		3,15	5,06	2,43		3,15	5,04	2,47		3,15	5,06	2,43
% Ab		63%	69%	53%		88%	69%	71%		69%	69%	53%
101	18,53	1,71	2,15	1,10	11,00	1,02	1,66	0,85	12,31	1,14	1,75	0,90
102	20,67	1,91	2,29	1,21	12,91	1,19	1,81	0,96	15,40	1,42	1,97	1,04
103	13,40	1,24	1,70	1,18	11,00	1,02	1,52	1,06	10,66	0,98	1,49	1,04
104	13,21	1,22	1,67	0,88	11,00	1,02	1,50	0,80	11,16	1,03	1,52	0,80
105	10,46	0,97	1,41	0,72	9,59	0,89	1,34	0,68	12,61	1,17	1,59	0,81
106	10,39	0,96	1,29	0,97	11,00	1,02	1,34	1,00	10,41	0,96	1,30	0,97
107	6,89	0,64	0,70	0,48	11,00	1,02	1,00	0,69	11,51	1,06	1,03	0,71
108	13,33	1,23	1,69	1,18	9,59	0,89	1,41	0,98	11,79	1,09	1,57	1,10
109	10,13	0,94	1,03	0,68	12,91	1,19	1,20	0,79	12,02	1,11	1,15	0,76
110	7,62	0,70	0,93	0,77	9,59	0,89	1,10	0,90	7,72	0,71	0,94	0,77
Max.	20,67	1,91	2,29	1,21	12,91	1,19	1,81	1,06	15,40	1,42	1,97	1,10
Média		0,98	1,28	0,87		0,98	1,28	0,88		0,98	1,28	0,87
% Ab		68%	47%	55%		45%	47%	36%		39%	47%	58%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.68 – Dimensionamento Ex. J: Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,68 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	59,60	1,85	1,62	1,75	52,20	1,62	1,42	1,57	53,87	1,67	1,46	1,62
2	75,47	2,34	2,05	1,85	32,19	1,00	1,81	1,67	45,77	1,42	1,82	1,68
3	39,27	1,09	1,07	1,01	32,19	0,90	0,91	0,90	27,59	0,77	0,87	0,87
4	58,58	1,81	1,77	1,44	55,81	1,73	1,68	1,37	55,96	1,73	1,68	1,37
5	35,93	1,00	0,98	0,88	32,19	0,90	0,87	0,81	29,11	0,81	0,88	0,83
6	33,52	0,93	0,91	0,82	31,61	0,88	0,86	0,78	31,95	0,89	0,87	0,79
7	26,88	0,75	0,73	0,66	31,61	0,88	0,86	0,78	31,20	0,87	0,85	0,77
8	57,85	1,61	1,57	1,46	51,81	1,44	1,41	1,30	55,01	1,53	1,49	1,38
9	22,15	0,62	0,60	0,54	32,19	0,90	0,87	0,79	29,87	0,83	0,81	0,73
10	21,17	0,59	0,57	0,52	32,19	0,90	0,87	0,79	35,24	0,98	0,96	0,87
Max.	75,47	2,34	2,05	1,85	55,81	1,73	1,81	1,67	55,96	1,73	1,82	1,68
Média		0,98	0,94	0,87		0,97	0,98	0,91		0,98	0,99	0,92
% Ab		63%	63%	63%		84%	84%	84%		69%	84%	84%
101	21,64	0,59	0,58	0,53	14,32	0,39	0,40	0,38	15,54	0,43	0,41	0,39
102	24,00	0,66	0,64	0,59	15,85	0,44	0,46	0,42	18,47	0,51	0,49	0,46
103	16,13	0,44	0,43	0,40	14,32	0,39	0,38	0,37	14,00	0,38	0,37	0,36
104	16,33	0,45	0,43	0,40	14,32	0,39	0,38	0,36	14,43	0,40	0,38	0,36
105	13,38	0,37	0,36	0,33	12,88	0,35	0,34	0,33	15,88	0,44	0,42	0,39
106	13,97	0,38	0,37	0,34	14,32	0,39	0,38	0,35	13,72	0,38	0,36	0,34
107	10,47	0,29	0,28	0,26	14,32	0,39	0,38	0,35	14,86	0,41	0,40	0,36
108	16,13	0,44	0,43	0,40	12,88	0,35	0,34	0,35	14,60	0,40	0,39	0,37
109	12,93	0,36	0,34	0,32	15,85	0,44	0,42	0,39	14,91	0,41	0,40	0,37
110	11,25	0,31	0,30	0,28	12,88	0,35	0,34	0,32	11,24	0,31	0,30	0,28
Max.	24,00	0,66	0,64	0,59	15,85	0,44	0,46	0,42	18,47	0,51	0,49	0,46
Média		0,38	0,37	0,34		0,38	0,37	0,35		0,38	0,37	0,34
% Ab		55%	55%	55%		45%	45%	45%		39%	39%	39%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.69 – Dimensionamento Ex. J: Alv.4 (Bl. 11,5x14x24, e=11,5; PP=1,82kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	52,29	3,03	3,74	3,11	44,89	2,60	3,19	2,75	46,57	2,70	3,31	2,86
2	64,83	3,76	4,48	2,84	26,50	1,54	3,39	2,51	38,34	2,22	3,50	2,52
3	33,96	1,97	2,36	2,04	26,50	1,54	2,06	1,78	22,43	1,30	1,89	1,63
4	47,66	3,07	ND	1,93	44,68	2,88	ND	1,81	44,88	2,89	ND	1,82
5	29,47	1,71	1,86	1,51	26,50	1,54	1,71	1,39	23,49	1,36	1,77	1,44
6	27,91	1,62	1,87	1,59	26,11	1,51	1,80	1,53	26,46	1,54	1,80	1,53
7	21,18	1,23	1,34	1,08	26,11	1,51	1,58	1,30	25,68	1,49	1,59	1,31
8	51,49	2,99	3,37	2,75	44,72	2,59	2,97	2,37	48,62	2,82	3,18	2,59
9	17,02	0,99	1,04	0,87	26,50	1,54	1,54	1,17	24,23	1,41	1,40	1,09
10	15,98	0,93	0,95	0,78	26,50	1,54	1,54	1,10	29,00	1,68	1,68	1,18
Max.	64,83	3,76	ND	3,11	44,89	2,88	ND	2,75	48,62	2,89	ND	2,86
Média		1,67	ND	1,53		1,67	ND	1,55		1,67	ND	1,55
% Ab		63%	ND	52%		88%	ND	69%		69%	ND	69%
101	19,22	1,03	1,03	0,78	11,74	0,63	0,81	0,63	13,03	0,70	0,84	0,64
102	21,41	1,15	1,14	0,88	13,56	0,73	0,89	0,70	16,08	0,86	0,97	0,76
103	14,01	0,75	0,77	0,75	11,74	0,63	0,70	0,68	11,40	0,61	0,69	0,67
104	13,91	0,75	0,77	0,64	11,74	0,63	0,69	0,58	11,89	0,64	0,70	0,59
105	11,11	0,60	0,62	0,53	10,33	0,56	0,59	0,50	13,34	0,72	0,71	0,59
106	11,19	0,60	0,60	0,59	11,74	0,63	0,63	0,61	11,15	0,60	0,60	0,59
107	7,69	0,41	0,41	0,32	11,74	0,63	0,63	0,48	12,26	0,66	0,65	0,50
108	13,96	0,75	0,77	0,75	10,33	0,56	0,65	0,63	12,42	0,67	0,72	0,70
109	10,76	0,58	0,57	0,44	13,56	0,73	0,72	0,55	12,66	0,68	0,67	0,51
110	8,43	0,45	0,45	0,46	10,33	0,56	0,55	0,54	8,50	0,46	0,45	0,47
Max.	21,41	1,15	1,14	0,88	13,56	0,73	0,89	0,70	16,08	0,86	0,97	0,76
Média		0,61	0,61	0,56		0,61	0,64	0,57		0,61	0,63	0,57
% Ab		68%	61%	55%		45%	58%	55%		39%	39%	47%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.70 – Dimensionamento Ex. J: Alv.5 (Bl. 11,5x14x24, e=14; PP=2,09 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	54,57	2,26	2,47	2,29	47,18	1,96	2,12	2,03	48,85	2,03	2,20	2,11
2	68,15	2,83	3,02	2,33	28,28	1,17	2,57	2,12	40,66	1,69	2,59	2,13
3	35,62	1,48	1,57	1,50	28,28	1,17	1,38	1,32	24,04	1,00	1,27	1,21
4	51,07	2,35	3,40	1,70	48,16	2,22	3,28	1,61	48,35	2,23	3,29	1,61
5	31,49	1,31	1,33	1,19	28,28	1,17	1,19	1,10	25,24	1,05	1,24	1,14
6	29,67	1,23	1,26	1,19	27,83	1,15	1,22	1,15	28,18	1,17	1,21	1,14
7	22,96	0,95	0,97	0,84	27,83	1,15	1,17	0,99	27,40	1,14	1,16	1,00
8	53,48	2,22	2,26	2,11	46,93	1,95	2,00	1,83	50,62	2,10	2,17	1,99
9	18,62	0,77	0,79	0,68	28,28	1,17	1,19	0,94	25,99	1,08	1,10	0,87
10	17,60	0,73	0,74	0,59	28,28	1,17	1,19	0,94	30,95	1,28	1,31	1,03
Max.	68,15	2,83	3,40	2,33	48,16	2,22	3,28	2,12	50,62	2,23	3,29	2,13
Média		1,27	1,33	1,17		1,27	1,40	1,21		1,27	1,40	1,21
% Ab		63%	69%	46%		88%	84%	69%		69%	84%	69%
101	19,98	0,80	0,79	0,67	12,55	0,50	0,58	0,51	13,82	0,55	0,59	0,51
102	22,22	0,89	0,87	0,74	14,28	0,57	0,66	0,56	16,83	0,67	0,68	0,60
103	14,67	0,59	0,58	0,56	12,55	0,50	0,49	0,51	12,22	0,49	0,48	0,51
104	14,67	0,59	0,58	0,51	12,55	0,50	0,49	0,46	12,68	0,51	0,50	0,47
105	11,82	0,47	0,46	0,43	11,12	0,44	0,44	0,41	14,14	0,56	0,56	0,48
106	12,06	0,48	0,47	0,46	12,55	0,50	0,49	0,47	11,95	0,48	0,47	0,46
107	8,56	0,34	0,34	0,29	12,55	0,50	0,49	0,42	13,07	0,52	0,51	0,44
108	14,63	0,58	0,58	0,56	11,12	0,44	0,46	0,48	13,10	0,52	0,52	0,53
109	11,44	0,46	0,45	0,38	14,28	0,57	0,56	0,48	13,37	0,53	0,53	0,45
110	9,31	0,37	0,37	0,35	11,12	0,44	0,44	0,40	9,36	0,37	0,37	0,35
Max.	22,22	0,89	0,87	0,74	14,28	0,57	0,66	0,56	16,83	0,67	0,68	0,60
Média		0,49	0,48	0,44		0,49	0,49	0,45		0,49	0,48	0,45
% Ab		68%	68%	55%		45%	45%	45%		39%	39%	47%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.12 Exemplo K – Edificação assobradada

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.11 - Exemplo K – Edificação assobradada.

Tabela B.71 – Carregamentos do exemplo K – pavimento inferior

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	12,9	12,1	3,5	28,5	5,7	34,2	43,4	30,0	32,4
PAR 2	25,8	49,1	7,1	81,9	11,3	93,3	59,2	59,4	59,3
PAR 3	12,9	12,1	3,5	28,5	5,7	34,2	43,4	32,6	29,7
PAR 4	32,6	43,0	0,8	76,5	21,9	98,4	32,3	30,0	31,7
PAR 5	21,9	60,1	20,8	102,8	15,1	117,9	56,2	32,6	31,8
PAR 6	6,8	18,7	0,4	25,9	13,8	39,7	20,6	31,9	36,6
PAR 7	14,6	10,8	0,8	26,3	7,4	33,7	32,8	27,9	28,7
PAR 8	30,5	84,9	20,9	136,4	21,9	158,3	51,9	32,6	30,4
PAR 9	12,9	12,1	3,5	28,5	5,7	34,2	43,4	27,9	32,8
PAR 10	25,8	49,0	7,1	81,9	11,3	93,2	59,2	59,3	59,3
PAR 11	12,9	12,1	3,5	28,5	5,7	34,2	43,4	32,6	29,2
PAR 12	5,7	51,1	2,9	59,6	26,7	86,3	23,3	27,9	26,7
PAR 13	8,1	19,5	5,7	33,3	8,1	41,4	36,8	31,9	27,7
PAR 14	5,7	51,1	2,9	59,6	26,7	86,3	23,3	30,0	28,1
PAR 15	30,2	38,1	2,2	70,5	15,8	86,3	39,2	31,9	29,9
PAR 16	14,5	22,9	0,0	37,4	8,1	45,5	40,5	30,0	33,3
PAR 17	1,6	41,3	0,0	43,0	22,7	65,6	20,8	32,6	33,6
PAR 18	0,0	54,1	0,0	54,1	30,6	84,6	19,9	32,6	35,7
PAR 19	1,6	41,3	0,0	43,0	22,7	65,6	20,8	32,6	30,8
TOTAL	277,3	683,3	85,7	1.046,3	286,8	1.333,1	59,2	59,4	59,3
(%)	20,80%	51,26%	6,43%	78,49%	21,51%	100,00%			

Tabela B.72 – Dimensionamento Ex. K (inf): Alv. 1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	43,42	3,51	3,25	3,40	30,03	2,43	2,65	2,74	32,38	2,62	2,78	2,89
2	59,22	4,78	4,33	4,36	59,37	4,80	4,34	4,37	59,33	4,79	4,33	4,37
3	43,42	3,51	3,25	2,20	32,65	2,64	2,91	2,06	29,65	2,40	2,63	1,82
4	32,26	2,61	2,58	2,69	30,03	2,43	2,53	2,70	31,74	2,56	2,63	2,70
5	56,15	4,54	3,72	3,81	32,65	2,64	2,84	2,91	31,77	2,57	2,69	2,75
6	20,62	1,67	1,25	1,28	31,88	2,58	1,81	1,82	36,57	2,95	2,04	2,05
7	32,85	2,65	2,76	2,07	27,91	2,25	2,57	1,92	28,71	2,32	2,59	1,91
8	51,90	4,19	3,55	3,64	32,65	2,64	2,81	2,88	30,39	2,46	2,64	2,70
9	43,42	3,51	3,25	2,20	27,91	2,25	2,56	1,83	32,81	2,65	2,80	1,89
10	59,19	4,78	4,32	4,36	59,33	4,79	4,33	4,37	59,29	4,79	4,33	4,36
11	43,42	3,51	3,25	2,20	32,65	2,64	2,91	2,06	29,21	2,36	2,62	1,82
12	23,26	1,88	1,42	1,42	27,91	2,25	1,58	1,58	26,65	2,15	1,53	1,54
13	36,80	2,97	2,52	1,86	31,88	2,58	2,25	1,69	27,66	2,23	2,04	1,53
14	23,26	1,88	1,42	1,42	30,03	2,43	1,65	1,65	28,14	2,27	1,56	1,56
15	39,22	3,17	3,37	3,70	31,88	2,58	2,99	3,56	29,94	2,42	2,89	3,40
16	40,45	3,27	2,66	2,06	30,03	2,43	2,05	1,57	33,31	2,69	2,21	1,70
17	20,84	1,68	1,22	1,25	32,65	2,64	1,65	1,68	33,64	2,72	1,73	1,77
18	19,92	1,61	1,14	1,18	32,65	2,64	1,62	1,66	35,69	2,88	1,81	1,87
19	20,84	1,68	1,22	1,25	32,65	2,64	1,65	1,68	30,78	2,49	1,63	1,66
Max.	59,22	4,78	4,33	4,36	59,37	4,80	4,34	4,37	59,33	4,79	4,33	4,37
Média		2,90	2,73	2,81		2,71	2,64	2,77		2,80	2,71	2,78
% Ab		74%	75%	75%		90%	75%	82%		87%	81%	81%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.73 – Dimensionamento Ex. K (inf): Alv. 2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,59 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	35,84	4,17	7,76	3,74	24,15	2,81	6,23	3,00	25,85	3,01	6,54	3,15
2	48,91	5,69	9,70	4,95	49,18	5,73	9,76	4,98	49,12	5,72	9,75	4,97
3	35,84	4,17	7,76	2,17	26,73	3,11	6,77	2,09	23,69	2,76	6,15	1,83
4	26,33	3,06	ND	3,13	24,15	2,81	ND	2,97	25,65	2,99	6,24	3,14
5	49,86	5,80	8,62	4,28	26,73	3,11	6,40	3,17	26,19	3,05	6,05	3,00
6	15,15	1,76	2,45	1,26	25,72	2,99	3,88	1,92	29,73	3,46	4,23	2,18
7	26,99	3,14	ND	2,27	21,93	2,55	ND	2,01	22,95	2,67	ND	2,08
8	45,30	5,27	8,14	4,02	26,73	3,11	6,28	3,23	24,79	2,89	5,89	3,03
9	35,84	4,17	7,76	2,17	21,93	2,55	5,97	1,84	26,26	3,06	6,59	1,88
10	48,88	5,69	9,70	4,95	49,15	5,72	9,75	4,98	49,08	5,71	9,74	4,97
11	35,84	4,17	7,76	2,17	26,73	3,11	6,77	2,09	23,32	2,71	6,11	1,83
12	17,58	2,05	2,90	1,43	21,93	2,55	3,27	1,62	20,73	2,41	3,17	1,56
13	29,11	3,39	5,32	1,85	25,72	2,99	4,97	1,70	21,40	2,49	4,37	1,50
14	17,58	2,05	2,90	1,43	24,15	2,81	3,48	1,72	22,30	2,60	3,24	1,60
15	33,24	3,87	ND	4,52	25,72	2,99	ND	4,03	24,43	2,84	ND	4,14
16	34,79	4,05	5,89	2,17	24,15	2,81	4,51	1,59	27,75	3,23	4,96	1,75
17	15,52	1,81	2,41	1,19	26,73	3,11	3,43	1,70	27,56	3,21	3,63	1,80
18	14,60	1,70	2,15	1,11	26,73	3,11	3,24	1,68	29,50	3,43	3,71	1,92
19	15,52	1,81	2,41	1,19	26,73	3,11	3,43	1,70	25,07	2,92	3,40	1,69
Max.	49,86	5,80	ND	4,95	49,18	5,73	ND	4,98	49,12	5,72	ND	4,97
Média		3,42	ND	3,21		3,17	ND	3,06		3,28	ND	3,18
% Ab		74%	ND	75%		90%	ND	82%		87%	ND	87%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.74 – Dimensionamento Ex. K (inf): Alv. 3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,68 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	44,06	1,36	1,20	1,26	30,53	0,95	0,97	1,05	32,93	1,02	1,00	1,08
2	60,09	1,67	1,63	1,48	60,23	1,68	1,64	1,48	60,19	1,68	1,63	1,48
3	44,06	1,36	1,20	1,08	33,15	1,03	1,11	1,06	30,16	0,93	0,97	0,94
4	32,76	0,91	0,89	0,92	30,53	0,85	0,86	0,89	32,26	0,90	0,90	0,94
5	56,68	1,58	1,54	1,39	33,15	0,92	1,30	1,18	32,24	0,90	1,21	1,09
6	21,08	0,59	0,57	0,52	32,40	0,90	0,88	0,80	37,14	1,03	1,01	0,91
7	33,34	0,93	0,94	0,94	28,41	0,79	0,89	0,88	29,20	0,81	0,88	0,87
8	52,46	1,46	1,42	1,31	33,15	0,92	1,20	1,08	30,86	0,86	1,13	1,03
9	44,06	1,36	1,20	1,08	28,41	0,88	0,97	0,94	33,36	1,03	1,00	0,97
10	60,06	1,67	1,63	1,48	60,18	1,68	1,63	1,48	60,15	1,68	1,63	1,48
11	44,06	1,36	1,20	1,08	33,15	1,03	1,11	1,06	29,71	0,92	0,97	0,94
12	23,74	0,66	0,64	0,58	28,41	0,79	0,77	0,70	27,15	0,76	0,74	0,67
13	37,44	1,04	1,02	0,92	32,40	0,90	0,88	0,80	28,19	0,79	0,77	0,69
14	23,74	0,66	0,64	0,58	30,53	0,85	0,83	0,75	28,64	0,80	0,78	0,70
15	39,72	1,11	1,15	1,19	32,40	0,90	1,01	1,05	30,40	0,85	0,99	1,04
16	40,93	1,14	1,11	1,01	30,53	0,85	0,83	0,75	33,77	0,94	0,92	0,83
17	21,29	0,59	0,58	0,52	33,15	0,92	0,90	0,81	34,16	0,95	0,93	0,84
18	20,37	0,57	0,55	0,50	33,15	0,92	0,90	0,81	36,22	1,01	0,98	0,89
19	21,29	0,59	0,58	0,52	33,15	0,92	0,90	0,81	31,26	0,87	0,85	0,77
Max.	60,09	1,67	1,63	1,48	60,23	1,68	1,64	1,48	60,19	1,68	1,63	1,48
Média		1,02	0,99	0,98		0,95	0,97	0,97		0,99	1,00	1,00
% Ab		74%	74%	74%		90%	82%	75%		81%	78%	75%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.75 – Dimensionamento Ex.K (inf):Alv.4 (Bl.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,82kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	37,68	2,19	2,64	2,28	25,57	1,48	2,13	1,83	27,43	1,59	2,24	1,93
2	51,41	2,98	3,52	2,64	51,65	3,00	3,53	2,57	51,59	2,99	3,53	2,57
3	37,68	2,19	2,64	1,66	28,16	1,63	2,37	1,65	25,13	1,46	2,10	1,45
4	27,76	1,61	2,04	1,92	25,57	1,48	2,00	1,78	27,13	1,57	2,10	1,87
5	51,39	2,98	3,30	2,74	28,16	1,63	2,60	2,05	27,54	1,60	2,41	1,94
6	16,48	0,96	0,98	0,78	27,21	1,58	1,58	1,22	31,38	1,82	1,82	1,38
7	28,41	1,65	2,14	1,66	23,38	1,36	2,00	1,47	24,35	1,41	1,99	1,52
8	46,89	2,72	3,06	2,49	28,16	1,63	2,43	1,93	26,15	1,52	2,27	1,81
9	37,68	2,19	2,64	1,66	23,38	1,36	2,04	1,45	27,84	1,62	2,25	1,49
10	51,38	2,98	3,51	2,64	51,61	2,99	3,53	2,57	51,55	2,99	3,53	2,56
11	37,68	2,19	2,64	1,66	28,16	1,63	2,37	1,65	24,75	1,44	2,09	1,45
12	18,95	1,10	1,13	0,92	23,38	1,36	1,36	1,03	22,16	1,29	1,28	1,00
13	30,97	1,80	2,05	1,31	27,21	1,58	1,81	1,20	22,91	1,33	1,61	1,06
14	18,95	1,10	1,13	0,92	25,57	1,48	1,48	1,10	23,72	1,38	1,37	1,02
15	34,68	2,01	2,66	2,55	27,21	1,58	2,30	2,36	25,76	1,49	2,20	2,26
16	36,16	2,10	2,32	1,55	25,57	1,48	1,72	1,15	29,10	1,69	1,88	1,26
17	16,81	0,98	0,97	0,80	28,16	1,63	1,63	1,14	29,03	1,68	1,68	1,19
18	15,89	0,92	0,92	0,75	28,16	1,63	1,63	1,14	31,00	1,80	1,80	1,26
19	16,81	0,98	0,97	0,80	28,16	1,63	1,63	1,14	26,45	1,53	1,53	1,11
Max.	51,41	2,98	3,52	2,74	51,65	3,00	3,53	2,57	51,59	2,99	3,53	2,57
Média		1,80	2,19	1,93		1,67	2,15	1,81		1,73	2,22	1,87
% Ab		74%	74%	75%		90%	82%	75%		87%	78%	18%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.76 – Dimensionamento Ex.K (inf):Alv.5 (Bl.11,5x14x24,e=14;PP=2,09 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	39,67	1,65	1,76	1,69	27,12	1,12	1,42	1,36	29,15	1,21	1,49	1,43
2	54,12	2,24	2,37	2,00	54,33	2,25	2,38	2,01	54,28	2,25	2,37	2,01
3	39,67	1,65	1,76	1,38	29,72	1,23	1,63	1,38	26,70	1,11	1,41	1,21
4	29,33	1,22	1,34	1,39	27,12	1,12	1,32	1,35	28,73	1,19	1,39	1,37
5	53,04	2,20	2,24	2,09	29,72	1,23	1,93	1,57	29,01	1,20	1,79	1,49
6	17,92	0,74	0,76	0,60	28,83	1,20	1,22	0,96	33,18	1,38	1,40	1,11
7	29,95	1,24	1,39	1,25	24,95	1,03	1,31	1,16	25,86	1,07	1,31	1,16
8	48,63	2,02	2,08	1,90	29,72	1,23	1,76	1,49	27,62	1,15	1,66	1,40
9	39,67	1,65	1,76	1,38	24,95	1,03	1,41	1,21	29,57	1,23	1,50	1,25
10	54,09	2,24	2,37	2,00	54,29	2,25	2,38	2,01	54,24	2,25	2,37	2,00
11	39,67	1,65	1,76	1,38	29,72	1,23	1,63	1,38	26,30	1,09	1,41	1,21
12	20,45	0,85	0,86	0,73	24,95	1,03	1,05	0,83	23,72	0,98	1,00	0,79
13	32,99	1,37	1,39	1,10	28,83	1,20	1,23	0,97	24,56	1,02	1,10	0,87
14	20,45	0,85	0,86	0,73	27,12	1,12	1,14	0,90	25,25	1,05	1,06	0,84
15	36,26	1,50	1,72	1,89	28,83	1,20	1,48	1,66	27,21	1,13	1,42	1,66
16	37,65	1,56	1,59	1,27	27,12	1,12	1,16	0,95	30,56	1,27	1,29	1,04
17	18,21	0,76	0,77	0,64	29,72	1,23	1,25	0,99	30,63	1,27	1,29	1,02
18	17,29	0,72	0,73	0,60	29,72	1,23	1,25	0,99	32,63	1,35	1,38	1,09
19	18,21	0,76	0,77	0,64	29,72	1,23	1,25	0,99	27,95	1,16	1,18	0,93
Max.	54,12	2,24	2,37	2,09	54,33	2,25	2,38	2,01	54,28	2,25	2,37	2,01
Média		1,35	1,46	1,43		1,26	1,45	1,39		1,30	1,50	1,40
% Ab		74%	74%	75%		90%	82%	82%		87%	84%	81%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.77 – Carregamentos do exemplo K – pavimento superior

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carregamento aplicado no topo	Peso Próprio	Carregamento aplicado na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distribuição a 45º
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 101	5,7	0,0	1,1	6,8	5,3	12,1	15,4	13,3	14,6
PAR 102	11,4	0,0	2,2	13,6	10,5	24,2	15,4	15,7	15,6
PAR 103	5,7	0,0	1,1	6,8	5,3	12,1	15,4	18,8	13,3
PAR 104	4,8	0,0	0,4	5,2	12,9	18,1	9,4	13,3	15,3
PAR 105	4,0	23,6	0,6	28,2	14,1	42,2	20,1	18,8	15,3
PAR 106	5,4	0,0	0,3	5,8	12,9	18,7	9,7	14,5	16,3
PAR 107	3,4	0,0	0,6	4,0	6,9	10,8	10,6	13,4	12,2
PAR 108	4,0	23,6	0,6	28,2	14,1	42,2	20,1	18,8	15,3
PAR 109	5,7	0,0	1,1	6,8	5,3	12,1	15,4	13,4	14,6
PAR 110	11,4	0,0	2,2	13,6	10,5	24,2	15,4	15,6	15,6
PAR 111	5,7	0,0	1,1	6,8	5,3	12,1	15,4	18,8	13,3
PAR 112	25,6	0,0	0,6	26,2	24,9	51,1	13,8	13,4	13,5
PAR 113	10,7	0,0	1,2	11,9	7,5	19,5	17,3	14,5	13,2
PAR 114	25,6	0,0	0,6	26,2	24,9	51,1	13,8	13,3	12,6
PAR 115	21,7	0,0	1,6	23,4	14,7	38,1	17,3	14,5	13,7
PAR 116	14,4	0,0	1,0	15,4	7,5	22,9	20,4	13,3	14,6
PAR 117	27,3	0,0	1,3	28,6	21,1	49,7	15,8	15,6	15,7
PAR 118	27,3	0,0	1,4	28,7	21,1	49,8	15,8	15,7	15,7
PAR 119	20,3	0,0	0,0	20,3	21,1	41,3	13,1	13,3	14,7
PAR 120	25,6	0,0	0,0	25,6	28,5	54,1	12,7	13,3	15,9
PAR 121	20,3	0,0	0,0	20,3	21,1	41,3	13,1	13,3	14,7
TOTAL	286,0	47,1	19,2	352,4	295,3	647,7	20,4	18,8	16,3
(%)	44,16%	7,28%	2,97%	54,41%	45,59%	100,00%			

Tabela B.78 – Dimensionamento Ex. K (sup): Alv. 1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
101	15,36	1,11	0,90	0,72	13,31	0,96	0,82	0,62	14,56	1,05	0,87	0,68
102	15,36	1,11	0,90	0,93	15,65	1,13	0,91	0,94	15,58	1,12	0,90	0,94
103	15,36	1,11	0,90	0,72	18,81	1,36	1,03	0,88	13,34	0,96	0,82	0,62
104	9,41	0,68	0,47	0,47	13,31	0,96	0,66	0,62	15,27	1,10	0,76	0,71
105	20,11	1,45	1,16	1,16	18,81	1,36	1,11	1,11	15,34	1,11	0,99	0,99
106	9,69	0,70	0,51	0,53	14,52	1,05	0,72	0,74	16,27	1,17	0,81	0,81
107	10,58	0,76	0,52	0,49	13,40	0,97	0,66	0,63	12,17	0,88	0,60	0,57
108	20,11	1,45	1,16	1,16	18,81	1,36	1,11	1,11	15,34	1,11	0,99	0,99
109	15,36	1,11	0,90	0,72	13,40	0,97	0,82	0,63	14,56	1,05	0,87	0,68
110	15,36	1,11	0,90	0,93	15,63	1,13	0,91	0,94	15,56	1,12	0,90	0,94
111	15,36	1,11	0,90	0,72	18,81	1,36	1,03	0,88	13,34	0,96	0,82	0,62
112	13,76	0,99	0,77	0,78	13,40	0,97	0,76	0,76	13,49	0,97	0,76	0,77
113	17,31	1,25	0,93	0,81	14,52	1,05	0,84	0,70	13,16	0,95	0,80	0,67
114	13,76	0,99	0,77	0,78	13,31	0,96	0,75	0,76	12,64	0,91	0,73	0,73
115	17,32	1,25	1,18	1,29	14,52	1,05	1,07	1,16	13,68	0,99	1,03	1,12
116	20,37	1,47	1,39	1,16	13,31	0,96	1,10	0,92	14,58	1,05	1,15	0,96
117	15,76	1,14	0,81	0,83	15,63	1,13	0,80	0,82	15,66	1,13	0,80	0,82
118	15,80	1,14	0,81	0,83	15,65	1,13	0,80	0,83	15,69	1,13	0,80	0,83
119	13,12	0,95	0,75	0,76	13,31	0,96	0,76	0,76	14,66	1,06	0,81	0,82
120	12,73	0,92	0,69	0,70	13,31	0,96	0,72	0,72	15,91	1,15	0,81	0,82
121	13,12	0,95	0,89	1,05	13,31	0,96	0,90	1,06	14,66	1,06	0,96	1,14
Max.	20,37	1,47	1,39	1,29	18,81	1,36	1,11	1,16	16,27	1,17	1,15	1,14
Média		1,09	0,86	0,80		1,08	0,86	0,80		1,04	0,84	0,78
% Ab		37%	51%	57%		63%	67%	53%		37%	73%	46%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.79 – Dimensionamento Ex. K (sup): Alv. 2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,59 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
101	12,25	1,18	1,66	0,66	10,68	1,03	1,54	0,61	11,69	1,12	1,62	0,64
102	12,25	1,18	1,66	1,03	12,79	1,23	1,71	1,06	12,66	1,22	1,70	1,05
103	12,25	1,18	1,66	0,66	16,02	1,54	1,97	0,83	10,51	1,01	1,52	0,60
104	6,77	0,65	0,77	0,47	10,68	1,03	1,09	0,67	12,55	1,21	1,24	0,77
105	17,43	1,68	2,25	1,42	16,02	1,54	2,15	1,35	12,73	1,22	1,91	1,20
106	7,06	0,68	0,89	0,56	11,72	1,13	1,30	0,81	13,41	1,29	1,45	0,91
107	7,78	0,75	0,90	0,40	10,67	1,03	1,13	0,55	9,46	0,91	1,03	0,49
108	17,43	1,68	2,25	1,42	16,02	1,54	2,15	1,35	12,73	1,22	1,91	1,20
109	12,25	1,18	1,66	0,66	10,67	1,03	1,54	0,61	11,69	1,12	1,62	0,64
110	12,25	1,18	1,66	1,03	12,78	1,23	1,71	1,06	12,64	1,22	1,70	1,05
111	12,25	1,18	1,66	0,66	16,02	1,54	1,97	0,83	10,51	1,01	1,52	0,60
112	11,13	1,07	1,43	0,92	10,67	1,03	1,39	0,89	10,79	1,04	1,40	0,90
113	14,33	1,38	1,73	0,82	11,72	1,13	1,55	0,73	10,36	1,00	1,45	0,69
114	11,13	1,07	1,43	0,92	10,68	1,03	1,39	0,89	9,96	0,96	1,33	0,86
115	14,47	1,39	2,30	1,52	11,72	1,13	2,04	1,35	10,94	1,05	1,97	1,31
116	17,46	1,68	2,73	1,32	10,68	1,03	2,13	1,03	11,82	1,14	2,23	1,07
117	13,04	1,25	1,50	0,93	12,78	1,23	1,48	0,92	12,84	1,23	1,49	0,92
118	13,07	1,26	1,51	0,93	12,79	1,23	1,49	0,92	12,86	1,24	1,49	0,92
119	10,56	1,01	1,39	0,90	10,68	1,03	1,40	0,91	12,01	1,15	1,51	0,98
120	10,16	0,98	1,27	0,82	10,68	1,03	1,31	0,84	13,31	1,28	1,52	0,98
121	10,56	1,01	1,73	1,24	10,68	1,03	1,74	1,25	12,01	1,15	1,87	1,34
Max.	17,46	1,68	2,73	1,52	16,02	1,54	2,15	1,35	13,41	1,29	2,23	1,34
Média		1,18	1,60	0,87		1,18	1,60	0,88		1,12	1,56	0,86
% Ab		61%	51%	48%		63%	67%	48%		44%	73%	44%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.80 – Dimensionamento Ex. K (sup): Alv. 3 (Bl. 9x19x19,e=19;PP=2,68 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
101	15,62	0,48	0,42	0,38	13,53	0,41	0,37	0,33	14,80	0,45	0,40	0,36
102	15,62	0,43	0,42	0,38	15,89	0,44	0,43	0,39	15,82	0,44	0,43	0,39
103	15,62	0,48	0,42	0,38	19,05	0,58	0,52	0,47	13,58	0,42	0,37	0,33
104	9,63	0,27	0,26	0,24	13,53	0,37	0,37	0,33	15,50	0,43	0,42	0,38
105	20,34	0,56	0,55	0,50	19,05	0,52	0,52	0,47	15,55	0,43	0,42	0,38
106	9,91	0,27	0,27	0,24	14,76	0,41	0,40	0,36	16,51	0,45	0,45	0,41
107	10,81	0,30	0,29	0,27	13,63	0,38	0,37	0,33	12,40	0,34	0,34	0,30
108	20,34	0,56	0,55	0,50	19,05	0,52	0,52	0,47	15,55	0,43	0,42	0,38
109	15,62	0,48	0,42	0,38	13,63	0,42	0,37	0,33	14,80	0,45	0,40	0,36
110	15,62	0,43	0,42	0,38	15,87	0,44	0,43	0,39	15,81	0,44	0,43	0,39
111	15,62	0,48	0,42	0,38	19,05	0,58	0,52	0,47	13,58	0,42	0,37	0,33
112	13,98	0,39	0,38	0,34	13,63	0,38	0,37	0,33	13,72	0,38	0,37	0,34
113	17,57	0,48	0,48	0,43	14,76	0,41	0,40	0,36	13,40	0,37	0,36	0,33
114	13,98	0,39	0,38	0,34	13,53	0,37	0,37	0,33	12,87	0,35	0,35	0,32
115	17,56	0,48	0,48	0,47	14,76	0,41	0,40	0,42	13,91	0,38	0,39	0,41
116	20,61	0,57	0,56	0,51	13,53	0,37	0,41	0,42	14,81	0,41	0,43	0,43
117	15,99	0,44	0,43	0,39	15,87	0,44	0,43	0,39	15,90	0,44	0,43	0,39
118	16,03	0,44	0,44	0,39	15,89	0,44	0,43	0,39	15,93	0,44	0,43	0,39
119	13,34	0,37	0,36	0,33	13,53	0,37	0,37	0,33	14,89	0,41	0,40	0,37
120	12,94	0,36	0,35	0,32	13,53	0,37	0,37	0,33	16,13	0,44	0,44	0,40
121	13,34	0,37	0,36	0,37	13,53	0,37	0,37	0,37	14,89	0,41	0,40	0,40
Max.	20,61	0,57	0,56	0,51	19,05	0,58	0,52	0,47	16,51	0,45	0,45	0,43
Média		0,43	0,42	0,38		0,43	0,42	0,38		0,41	0,40	0,37
% Ab		40%	37%	37%		63%	63%	53%		41%	37%	51%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.81 – Dimensionamento Ex.K(sup):Alv.4(BI.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,82kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
101	13,00	0,71	0,73	0,53	11,32	0,62	0,67	0,46	12,38	0,67	0,71	0,50
102	13,00	0,71	0,73	0,57	13,49	0,73	0,75	0,58	13,36	0,73	0,74	0,58
103	13,00	0,71	0,73	0,53	16,70	0,91	0,92	0,68	11,19	0,61	0,67	0,46
104	7,41	0,40	0,41	0,30	11,32	0,62	0,63	0,46	13,21	0,72	0,73	0,54
105	18,08	0,99	1,01	0,87	16,70	0,91	0,97	0,83	13,36	0,73	0,86	0,74
106	7,70	0,42	0,43	0,35	12,40	0,68	0,69	0,51	14,10	0,77	0,78	0,57
107	8,46	0,46	0,47	0,34	11,33	0,62	0,63	0,46	10,11	0,55	0,56	0,41
108	18,08	0,99	1,01	0,87	16,70	0,91	0,97	0,83	13,36	0,73	0,86	0,74
109	13,00	0,71	0,73	0,53	11,33	0,62	0,67	0,46	12,38	0,67	0,71	0,50
110	13,00	0,71	0,73	0,57	13,47	0,73	0,75	0,58	13,35	0,73	0,74	0,58
111	13,00	0,71	0,73	0,53	16,70	0,91	0,92	0,68	11,19	0,61	0,67	0,46
112	11,77	0,64	0,65	0,56	11,33	0,62	0,63	0,55	11,44	0,62	0,63	0,55
113	15,05	0,82	0,83	0,61	12,40	0,68	0,72	0,52	11,04	0,60	0,67	0,49
114	11,77	0,64	0,65	0,56	11,32	0,62	0,63	0,55	10,61	0,58	0,59	0,52
115	15,16	0,83	0,93	0,93	12,40	0,68	0,83	0,83	11,60	0,63	0,80	0,80
116	18,17	0,99	1,13	0,91	11,32	0,62	0,88	0,71	12,49	0,68	0,93	0,74
117	13,70	0,75	0,76	0,61	13,47	0,73	0,75	0,60	13,53	0,74	0,75	0,60
118	13,73	0,75	0,76	0,61	13,49	0,73	0,75	0,60	13,55	0,74	0,75	0,60
119	11,18	0,61	0,62	0,54	11,32	0,62	0,63	0,55	12,65	0,69	0,70	0,59
120	10,78	0,59	0,60	0,50	11,32	0,62	0,63	0,52	13,94	0,76	0,77	0,59
121	11,18	0,61	0,67	0,73	11,32	0,62	0,68	0,74	12,65	0,69	0,73	0,80
Max.	18,17	0,99	1,13	0,93	16,70	0,91	0,97	0,83	14,10	0,77	0,93	0,80
Média		0,71	0,73	0,59		0,70	0,74	0,59		0,67	0,73	0,57
% Ab		37%	61%	61%		63%	53%	56%		37%	51%	46%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.82 – Dimensionamento Ex.K (sup):Alv.5 (Bl.11,5x14x24,e=14;PP=2,09 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
101	13,82	0,56	0,54	0,46	12,01	0,48	0,47	0,40	13,14	0,53	0,52	0,44
102	13,82	0,56	0,54	0,46	14,24	0,57	0,56	0,47	14,13	0,57	0,56	0,47
103	13,82	0,56	0,54	0,46	17,43	0,70	0,69	0,58	11,94	0,48	0,47	0,40
104	8,10	0,33	0,32	0,27	12,01	0,48	0,47	0,40	13,92	0,56	0,55	0,46
105	18,79	0,76	0,74	0,63	17,43	0,70	0,69	0,60	14,05	0,57	0,57	0,53
106	8,39	0,34	0,33	0,28	13,14	0,53	0,52	0,44	14,86	0,60	0,58	0,50
107	9,19	0,37	0,36	0,31	12,05	0,48	0,47	0,40	10,83	0,44	0,43	0,36
108	18,79	0,76	0,74	0,63	17,43	0,70	0,69	0,60	14,05	0,57	0,57	0,53
109	13,82	0,56	0,54	0,46	12,05	0,48	0,47	0,40	13,14	0,53	0,52	0,44
110	13,82	0,56	0,54	0,46	14,22	0,57	0,56	0,47	14,12	0,57	0,56	0,47
111	13,82	0,56	0,54	0,46	17,43	0,70	0,69	0,58	11,94	0,48	0,47	0,40
112	12,46	0,50	0,49	0,42	12,05	0,48	0,47	0,40	12,15	0,49	0,48	0,41
113	15,84	0,64	0,62	0,53	13,14	0,53	0,52	0,44	11,78	0,47	0,46	0,41
114	12,46	0,50	0,49	0,42	12,01	0,48	0,47	0,40	11,32	0,46	0,45	0,38
115	15,91	0,64	0,63	0,67	13,14	0,53	0,55	0,60	12,33	0,50	0,54	0,58
116	18,93	0,76	0,74	0,72	12,01	0,48	0,59	0,57	13,21	0,53	0,61	0,59
117	14,42	0,58	0,57	0,48	14,22	0,57	0,56	0,47	14,27	0,57	0,56	0,48
118	14,45	0,58	0,57	0,48	14,24	0,57	0,56	0,47	14,29	0,57	0,56	0,48
119	11,86	0,48	0,47	0,40	12,01	0,48	0,47	0,40	13,35	0,54	0,52	0,44
120	11,46	0,46	0,45	0,38	12,01	0,48	0,47	0,40	14,62	0,59	0,58	0,49
121	11,86	0,48	0,47	0,52	12,01	0,48	0,47	0,52	13,35	0,54	0,52	0,56
Max.	18,93	0,76	0,74	0,72	17,43	0,70	0,69	0,60	14,86	0,60	0,61	0,59
Média		0,55	0,54	0,47		0,55	0,55	0,47		0,53	0,52	0,46
% Ab		37%	37%	61%		63%	53%	53%		37%	41%	51%

* ND – O dimensionamento não é possível

B.13 Exemplo L – Edificação assobradada

Os resumo destas tabelas e comentários adicionais estão apresentados no item 6.12-Exemplo L – Edificação assobradada.

Tabela B.83 – Carregamentos do exemplo L – Pavimento Inferior

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carga aplicada no topo	Peso Próprio (alv. 1)	Carga aplicada na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distr. a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 1	1,0	32,7	0,9	34,5	12,3	46,9	26,4	21,3	21,8
PAR 2	0,9	15,4	0,9	17,2	4,0	21,2	36,8	31,5	32,9
PAR 3	12,1	52,9	2,5	67,5	15,5	82,9	37,3	31,5	39,7
PAR 4	2,8	21,4	6,2	30,3	3,5	33,8	67,5	50,7	60,1
PAR 5	5,4	24,8	10,5	40,7	13,7	54,4	27,5	36,5	34,7
PAR 6	27,0	52,3	0,8	80,1	13,2	93,3	49,1	39,5	39,9
PAR 7	61,2	104,8	0,8	166,8	30,6	197,4	44,9	43,6	44,0
PAR 8	19,9	81,8	13,0	114,7	26,7	141,5	36,7	34,5	35,1
PAR 9	7,9	58,5	0,0	66,4	20,3	86,7	29,6	37,1	39,1
PAR 10	2,1	7,2	0,8	10,1	4,3	14,4	23,1	34,5	24,7
PAR 11	26,7	59,3	0,8	86,8	22,6	109,4	33,7	30,1	27,8
PAR 12	5,4	30,1	1,0	36,6	4,3	40,9	65,5	45,7	51,3
PAR 13	8,4	0,0	2,1	10,5	4,9	15,4	22,0	22,0	22,0
PAR 14	5,4	30,1	1,0	36,6	4,3	40,9	65,5	30,1	39,4
PAR 15	0,0	26,0	9,2	35,2	32,3	67,5	14,5	14,5	14,5
PAR 16	1,4	18,5	1,7	21,6	4,3	26,0	41,6	34,5	38,8
PAR 17	2,6	27,2	3,5	33,3	7,8	41,1	36,5	43,6	42,3
PAR 18	3,8	28,0	3,3	35,0	11,1	46,1	28,8	39,5	38,8
PAR 19	5,4	39,7	3,0	48,2	10,8	58,9	38,0	40,8	40,2
PAR 20	2,0	8,9	0,7	11,6	3,1	14,7	32,6	21,3	27,0
PAR 21	13,1	0,0	0,7	13,8	13,9	27,7	13,8	21,3	18,3
PAR 22	20,3	52,6	0,8	73,7	20,1	93,8	32,3	31,5	29,2
PAR 23	9,5	51,4	1,7	62,6	20,8	83,5	27,8	31,5	28,5
PAR 24	0,8	31,2	0,0	32,0	9,4	41,4	30,7	34,5	35,3
PAR 25	9,5	152,2	1,6	163,3	31,8	195,1	42,6	45,7	44,8
PAR 26	42,3	207,4	1,7	251,4	42,0	293,4	48,5	50,7	49,7
PAR 27	0,8	6,6	0,7	8,2	4,3	12,5	20,0	37,1	25,3
PAR 28	3,3	36,7	0,7	40,7	22,4	63,1	19,6	30,1	30,5
PAR 29	6,6	67,0	48,1	121,8	19,4	141,2	50,4	37,1	38,3
PAR 30	15,1	36,5	2,8	54,3	6,2	60,6	67,3	67,3	67,3
PAR 31	9,5	26,9	4,2	40,6	5,4	46,0	59,3	36,5	41,1
TOTAL	332,1	1.388,1	126,1	1.846,2	445,5	2.291,7	67,5	67,3	67,3
(%)	14,49%	60,57%	5,50%	80,56%	19,44%	100,00%			

Tabela B.84 – Dimensionamento Ex.L (inf): Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
1	26,41	2,01	1,56	1,61	21,29	1,62	1,43	1,48	21,83	1,66	1,39	1,44
2	36,85	2,80	2,28	1,72	31,51	2,40	2,17	1,57	32,87	2,50	2,13	1,54
3	37,27	2,84	2,34	2,37	31,51	2,40	2,01	2,02	39,66	3,02	2,34	2,36
4	67,51	5,71	4,47	3,15	50,67	4,28	4,18	3,25	60,09	5,08	4,34	3,04
5	27,53	2,09	1,71	1,75	36,49	2,78	2,14	2,21	34,67	2,64	2,05	2,12
6	49,11	3,74	3,27	3,32	39,46	3,00	2,81	2,84	39,89	3,04	2,83	2,85
7	44,86	3,41	2,89	2,90	43,65	3,32	2,82	2,83	43,96	3,35	2,84	2,85
8	36,75	2,80	2,32	2,33	34,48	2,62	2,23	2,24	35,13	2,67	2,25	2,26
9	29,63	2,25	1,82	1,43	37,12	2,82	2,06	1,73	39,15	2,98	2,14	1,83
10	23,11	1,76	1,41	1,08	34,48	2,62	1,78	1,61	24,74	1,88	1,44	1,15
11	33,66	2,56	2,14	2,19	30,06	2,29	1,91	1,95	27,81	2,12	1,81	1,84
12	65,49	4,98	4,37	3,06	45,74	3,48	3,33	2,32	51,30	3,90	3,65	2,55
13	21,96	1,67	1,64	1,81	21,96	1,67	1,64	1,81	21,96	1,67	1,64	1,81
14	65,49	4,98	4,37	3,06	30,06	2,29	2,77	2,24	39,44	3,00	3,07	2,19
15	14,52	1,10	0,74	0,77	14,52	1,10	0,74	0,77	14,52	1,10	0,74	0,77
16	41,57	3,16	2,61	1,94	34,48	2,62	2,32	1,67	38,80	2,95	2,51	1,81
17	36,55	2,78	2,28	1,85	43,65	3,32	2,68	2,19	42,30	3,22	2,59	2,11
18	28,83	2,19	1,76	1,78	39,46	3,00	2,24	2,27	38,83	2,96	2,21	2,24
19	38,01	2,89	2,40	2,42	40,76	3,10	2,59	2,61	40,23	3,06	2,55	2,57
20	32,63	2,76	2,07	1,52	21,29	1,80	1,53	1,02	26,98	2,28	1,78	1,26
21	13,84	1,05	0,79	0,82	21,29	1,62	1,08	1,11	18,34	1,40	0,97	0,99
22	32,35	2,46	1,95	2,02	31,51	2,40	1,89	1,97	29,22	2,22	1,82	1,89
23	27,83	2,12	1,72	1,77	31,51	2,40	1,87	1,94	28,52	2,17	1,79	1,85
24	30,67	2,33	1,84	1,43	34,48	2,62	2,03	1,61	35,32	2,69	2,04	1,65
25	42,65	3,25	2,67	2,74	45,74	3,48	2,84	2,91	44,82	3,41	2,78	2,86
26	48,50	3,69	3,10	3,15	50,67	3,86	3,17	3,23	49,71	3,78	3,15	3,20
27	20,01	1,52	1,15	0,93	37,12	2,82	1,93	1,73	25,29	1,92	1,43	1,18
28	19,57	1,49	1,11	1,13	30,06	2,29	1,64	1,67	30,51	2,32	1,69	1,73
29	50,45	3,84	3,63	3,69	37,12	2,82	3,06	3,22	38,31	2,92	3,13	3,31
30	67,31	5,12	4,68	4,82	67,31	5,12	4,68	4,82	67,31	5,12	4,68	4,82
31	59,32	4,51	4,04	2,93	36,49	2,78	2,91	2,10	41,13	3,13	3,15	2,26
Max.	68	5,71	4,68	4,82	67	5,12	4,68	4,82	67	5,12	4,68	4,82
Média		2,73	2,26	2,20		2,72	2,26	2,22		2,72	2,26	2,21
% Ab		48%	48%	52%		50%	59%	54%		48%	55%	51%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.85 – Dimensionamento Ex.L (inf): Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	20,15	2,11	2,64	1,53	16,59	1,74	2,47	1,43	16,95	1,78	2,37	1,38
2	28,64	3,00	3,88	1,48	25,88	2,72	3,81	1,45	25,75	2,70	3,62	1,38
3	31,64	3,32	4,47	2,61	25,88	2,72	3,73	2,17	33,35	3,50	4,39	2,56
4	55,68	5,84	8,12	2,91	43,86	4,60	7,97	3,18	51,24	5,38	8,12	2,90
5	22,44	2,35	3,19	1,87	30,56	3,21	3,98	2,32	28,98	3,04	3,79	2,21
6	42,96	4,51	6,42	3,76	33,01	3,46	5,34	3,13	33,40	3,50	5,37	3,15
7	38,76	4,07	5,55	3,24	37,03	3,89	5,36	3,12	37,51	3,94	5,43	3,16
8	30,66	3,22	4,32	2,52	27,95	2,93	4,08	2,38	28,70	3,01	4,14	2,41
9	23,90	2,51	3,30	1,92	31,21	3,27	3,77	2,20	33,06	3,47	3,94	2,30
10	17,77	1,86	2,46	0,92	27,95	2,93	3,22	1,45	19,13	2,01	2,52	0,99
11	28,36	2,98	4,13	2,42	24,24	2,54	3,56	2,09	22,44	2,35	3,36	1,97
12	55,33	5,81	8,07	2,95	38,32	4,02	6,24	2,20	42,87	4,50	6,89	2,43
13	18,16	1,91	3,25	2,08	18,16	1,91	3,25	2,08	18,16	1,91	3,25	2,08
14	55,33	5,81	8,07	2,95	24,24	2,54	5,13	2,16	31,77	3,33	5,61	2,10
15	10,77	1,13	1,26	0,73	10,77	1,13	1,26	0,73	10,77	1,13	1,26	0,73
16	32,11	3,37	4,54	1,66	27,95	2,93	4,16	1,52	31,15	3,27	4,32	1,64
17	27,97	2,94	3,92	1,72	37,03	3,89	4,84	2,20	35,08	3,68	4,75	2,09
18	21,85	2,29	2,99	1,74	33,01	3,46	4,13	2,41	32,31	3,39	4,06	2,36
19	30,52	3,20	4,30	2,51	33,53	3,52	4,76	2,77	32,95	3,46	4,67	2,72
20	25,57	2,98	3,69	1,33	16,59	1,93	2,72	0,95	20,73	2,42	3,14	1,08
21	11,04	1,16	1,51	0,90	16,59	1,74	1,99	1,18	14,13	1,48	1,78	1,05
22	27,65	2,90	3,73	2,16	25,88	2,72	3,54	2,05	24,48	2,57	3,44	2,00
23	22,00	2,31	3,01	1,75	25,88	2,72	3,37	1,97	22,86	2,40	3,19	1,86
24	23,65	2,48	3,15	1,23	27,95	2,93	3,59	1,45	28,58	3,00	3,60	1,48
25	35,63	3,74	4,90	2,84	38,32	4,02	5,22	3,03	37,55	3,94	5,12	2,97
26	42,15	4,42	6,07	3,54	43,86	4,60	6,19	3,61	43,10	4,52	6,16	3,59
27	14,10	1,48	1,81	0,73	31,21	3,27	3,56	1,62	19,61	2,06	2,49	1,02
28	14,07	1,48	1,81	1,05	24,24	2,54	2,86	1,66	24,61	2,58	2,96	1,72
29	44,20	4,64	7,16	4,25	31,21	3,27	6,15	3,68	32,48	3,41	6,34	3,79
30	59,63	6,26	9,40	5,54	59,63	6,26	9,40	5,54	59,63	6,26	9,40	5,54
31	51,26	5,38	7,73	2,90	30,56	3,21	5,56	2,10	34,60	3,63	6,06	2,20
Max.	60	6,26	9,40	5,54	60	6,26	9,40	5,54	60	6,26	9,40	5,54
Média		3,12	4,23	2,35		3,12	4,23	2,37		3,12	4,23	2,36
% Ab		51%	51%	47%		50%	60%	56%		48%	55%	52%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.86 – Dimensionamento Ex.L (inf): Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	26,93	0,75	0,73	0,66	21,69	0,60	0,59	0,56	22,24	0,62	0,60	0,55
2	37,54	1,16	1,13	0,92	31,99	0,98	1,01	0,80	33,47	1,03	1,00	0,82
3	37,74	1,05	1,02	0,93	31,99	0,89	0,87	0,79	40,19	1,11	1,09	0,99
4	68,51	2,11	2,05	1,68	51,24	1,58	2,11	1,73	60,84	1,87	1,97	1,60
5	27,95	0,77	0,76	0,69	36,99	1,02	1,00	0,91	35,15	0,97	0,95	0,86
6	49,63	1,37	1,35	1,22	40,01	1,11	1,09	1,04	40,44	1,12	1,10	1,04
7	45,38	1,26	1,23	1,13	44,21	1,22	1,20	1,10	44,50	1,23	1,21	1,11
8	37,26	1,03	1,01	0,92	35,03	0,97	0,95	0,86	35,67	0,99	0,97	0,88
9	30,11	0,83	0,82	0,74	37,62	1,04	1,02	0,92	39,66	1,10	1,08	0,97
10	23,56	0,73	0,71	0,58	35,03	1,08	1,05	0,86	25,21	0,78	0,76	0,62
11	34,11	0,94	0,93	0,84	30,55	0,85	0,83	0,75	28,26	0,78	0,77	0,69
12	66,35	2,04	1,99	1,63	46,36	1,43	1,51	1,19	52,01	1,60	1,66	1,30
13	22,28	0,69	0,67	0,72	22,28	0,69	0,67	0,72	22,28	0,69	0,67	0,72
14	66,35	2,04	1,99	1,63	30,55	0,94	1,46	1,19	40,08	1,23	1,42	1,16
15	14,83	0,41	0,40	0,36	14,83	0,41	0,40	0,36	14,83	0,41	0,40	0,36
16	42,37	1,30	1,27	1,04	35,03	1,08	1,08	0,86	39,45	1,21	1,18	0,97
17	37,27	1,03	1,01	0,92	44,21	1,22	1,20	1,09	42,91	1,19	1,16	1,05
18	29,42	0,81	0,80	0,72	40,01	1,11	1,09	0,98	39,38	1,09	1,07	0,97
19	38,64	1,07	1,05	0,95	41,37	1,15	1,12	1,02	40,84	1,13	1,11	1,00
20	33,22	1,02	1,00	0,82	21,69	0,67	0,69	0,54	27,50	0,85	0,82	0,68
21	14,08	0,39	0,38	0,35	21,69	0,60	0,59	0,53	18,70	0,52	0,51	0,46
22	32,74	0,91	0,89	0,80	31,99	0,89	0,87	0,79	29,62	0,82	0,80	0,73
23	28,32	0,78	0,77	0,70	31,99	0,89	0,87	0,79	29,00	0,80	0,79	0,71
24	31,26	0,87	0,85	0,77	35,03	0,97	0,95	0,86	35,89	0,99	0,97	0,88
25	43,24	1,20	1,17	1,07	46,36	1,28	1,26	1,14	45,43	1,26	1,23	1,12
26	49,03	1,36	1,33	1,23	51,24	1,42	1,39	1,26	50,26	1,39	1,36	1,25
27	20,50	0,63	0,61	0,50	37,62	1,16	1,13	0,92	25,77	0,79	0,77	0,63
28	20,03	0,55	0,54	0,49	30,55	0,85	0,83	0,75	31,01	0,86	0,84	0,76
29	50,97	1,41	1,38	1,32	37,62	1,04	1,17	1,15	38,80	1,07	1,19	1,17
30	67,96	2,09	1,84	1,95	67,96	2,09	1,84	1,95	67,96	2,09	1,84	1,95
31	60,00	1,85	1,63	1,47	36,99	1,14	1,17	1,09	41,68	1,28	1,23	1,13
Max.	69	2,11	2,05	1,95	68	2,09	2,11	1,95	68	2,09	1,97	1,95
Média		1,02	0,99	0,90		1,02	1,01	0,92		1,02	1,00	0,91
% Ab		48%	48%	48%		48%	50%	52%		47%	47%	48%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.87 – Dimensionamento Ex.L(inf):Alv.4 (Bl.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	21,66	1,22	1,21	1,03	17,72	1,00	1,13	0,96	18,14	1,02	1,09	0,93
2	30,62	1,91	1,82	1,24	27,25	1,70	1,73	1,16	27,47	1,71	1,70	1,12
3	33,00	1,85	1,97	1,64	27,25	1,53	1,65	1,38	34,88	1,96	1,94	1,62
4	58,54	3,65	3,61	2,38	45,51	2,84	3,51	2,57	53,38	3,33	3,59	2,35
5	23,67	1,33	1,39	1,14	32,00	1,80	1,79	1,46	30,36	1,70	1,71	1,40
6	44,45	2,50	2,76	2,33	34,57	1,94	2,31	1,95	34,97	1,96	2,33	1,96
7	40,23	2,26	2,43	2,03	38,63	2,17	2,36	1,96	39,07	2,19	2,38	1,99
8	32,13	1,80	1,91	1,59	29,54	1,66	1,81	1,51	30,26	1,70	1,84	1,53
9	25,29	1,42	1,47	1,04	32,64	1,83	1,81	1,32	34,53	1,94	1,91	1,40
10	19,06	1,07	1,09	0,77	29,54	1,66	1,63	1,20	20,49	1,15	1,13	0,83
11	29,64	1,66	1,79	1,46	25,65	1,44	1,56	1,31	23,74	1,33	1,47	1,24
12	57,79	3,24	3,64	2,35	40,11	2,25	2,72	1,76	44,91	2,52	3,00	1,94
13	19,08	1,07	1,24	1,26	19,08	1,07	1,24	1,26	19,08	1,07	1,24	1,26
14	57,79	3,24	3,64	2,35	25,65	1,44	2,36	1,74	33,63	1,89	2,46	1,69
15	11,68	0,66	0,65	0,49	11,68	0,66	0,65	0,49	11,68	0,66	0,65	0,49
16	34,40	1,93	2,06	1,40	29,54	1,66	1,87	1,23	33,00	1,85	2,01	1,34
17	30,05	1,69	1,78	1,28	38,63	2,17	2,23	1,60	36,83	2,07	2,12	1,52
18	23,54	1,32	1,36	1,03	34,57	1,94	1,91	1,40	33,89	1,90	1,88	1,38
19	32,34	1,82	1,93	1,60	35,28	1,98	2,12	1,76	34,71	1,95	2,08	1,73
20	27,28	1,70	3,84	1,11	17,72	1,11	2,83	0,77	22,24	1,39	3,28	0,90
21	11,72	0,66	0,65	0,55	17,72	1,00	0,98	0,73	15,15	0,85	0,84	0,65
22	28,79	1,62	1,66	1,41	27,25	1,53	1,59	1,35	25,63	1,44	1,54	1,31
23	23,41	1,31	1,38	0,96	27,25	1,53	1,53	1,11	24,23	1,36	1,42	1,01
24	25,35	1,42	1,45	1,03	29,54	1,66	1,63	1,20	30,21	1,70	1,67	1,23
25	37,33	2,10	2,20	1,87	40,11	2,25	2,35	1,99	39,31	2,21	2,30	1,96
26	43,69	2,45	2,66	2,21	45,51	2,55	2,71	2,26	44,70	2,51	2,70	2,25
27	15,53	0,87	0,86	0,63	32,64	1,83	1,81	1,32	20,98	1,18	1,16	0,85
28	15,40	0,86	0,85	0,62	25,65	1,44	1,42	1,04	26,04	1,46	1,44	1,06
29	45,71	2,57	3,03	2,57	32,64	1,83	2,50	2,13	33,89	1,90	2,58	2,19
30	61,49	3,45	3,96	3,39	61,49	3,45	3,96	3,39	61,49	3,45	3,96	3,39
31	53,21	2,99	3,34	2,21	32,00	1,80	2,37	1,67	36,18	2,03	2,58	1,74
Max.	61	3,65	3,96	3,39	61	3,45	3,96	3,39	61	3,45	3,96	3,39
Média		1,75	1,89	1,50		1,75	1,90	1,52		1,75	1,90	1,51
% Ab		50%	50%	52%		50%	57%	60%		48%	50%	50%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.88 – Dimensionamento Ex.L(inf):Alv.5 (Bl.11,5x14x24,e=14;PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	23,31	0,95	0,95	0,78	18,96	0,77	0,81	0,72	19,42	0,79	0,79	0,70
2	32,79	1,49	1,33	1,09	28,73	1,30	1,23	0,99	29,35	1,33	1,19	0,98
3	34,48	1,41	1,40	1,27	28,73	1,17	1,17	1,07	36,54	1,49	1,49	1,25
4	61,66	2,80	3,66	2,06	47,30	2,15	3,51	2,18	55,71	2,53	3,61	2,01
5	25,01	1,02	1,02	0,84	33,56	1,37	1,37	1,12	31,85	1,30	1,30	1,06
6	46,07	1,88	1,89	1,64	36,27	1,48	1,60	1,39	36,68	1,50	1,61	1,39
7	41,84	1,71	1,70	1,56	40,37	1,65	1,64	1,52	40,76	1,66	1,66	1,53
8	33,74	1,38	1,37	1,16	31,25	1,28	1,27	1,10	31,95	1,30	1,30	1,12
9	26,79	1,09	1,09	0,89	34,20	1,40	1,39	1,14	36,14	1,47	1,47	1,20
10	20,47	0,93	0,83	0,68	31,25	1,42	1,27	1,04	21,96	1,00	0,89	0,73
11	31,04	1,27	1,26	1,13	27,18	1,11	1,11	0,99	25,15	1,03	1,02	0,93
12	60,46	2,74	2,48	2,02	42,07	1,91	1,87	1,49	47,13	2,14	2,06	1,63
13	20,08	0,91	0,85	1,14	20,08	0,91	0,85	1,14	20,08	0,91	0,85	1,14
14	60,46	2,74	2,48	2,02	27,18	1,23	1,81	1,48	35,64	1,62	1,76	1,44
15	12,66	0,52	0,52	0,42	12,66	0,52	0,52	0,42	12,66	0,52	0,52	0,42
16	36,89	1,67	1,50	1,23	31,25	1,42	1,30	1,05	35,02	1,59	1,43	1,17
17	32,31	1,32	1,31	1,08	40,37	1,65	1,64	1,35	38,73	1,58	1,58	1,29
18	25,38	1,04	1,03	0,86	36,27	1,48	1,48	1,21	35,61	1,45	1,45	1,19
19	34,31	1,40	1,40	1,26	37,18	1,52	1,51	1,37	36,63	1,50	1,49	1,35
20	29,14	1,32	1,68	0,97	18,96	0,86	1,23	0,66	23,89	1,08	1,43	0,80
21	12,45	0,51	0,51	0,42	18,96	0,77	0,77	0,63	16,26	0,66	0,66	0,54
22	30,02	1,23	1,22	1,09	28,73	1,17	1,17	1,05	26,88	1,10	1,09	1,01
23	24,94	1,02	1,02	0,83	28,73	1,17	1,17	0,96	25,72	1,05	1,05	0,86
24	27,20	1,11	1,11	0,91	31,25	1,28	1,27	1,04	31,99	1,31	1,30	1,07
25	39,18	1,60	1,59	1,45	42,07	1,72	1,71	1,55	41,22	1,68	1,68	1,52
26	45,36	1,85	1,85	1,70	47,30	1,93	1,93	1,74	46,44	1,90	1,89	1,73
27	17,08	0,77	0,70	0,57	34,20	1,55	1,39	1,14	22,48	1,02	0,91	0,75
28	16,85	0,69	0,69	0,56	27,18	1,11	1,11	0,91	27,59	1,13	1,12	0,92
29	47,36	1,93	2,02	1,89	34,20	1,40	1,68	1,62	35,43	1,45	1,73	1,62
30	63,51	2,59	2,66	2,50	63,51	2,59	2,66	2,50	63,51	2,59	2,66	2,50
31	55,33	2,26	2,30	1,84	33,56	1,37	1,63	1,40	37,90	1,55	1,75	1,46
Max.	64	2,80	3,66	2,50	64	2,59	3,51	2,50	64	2,59	3,61	2,50
Média		1,35	1,35	1,18		1,35	1,38	1,20		1,35	1,37	1,19
% Ab		50%	50%	57%		48%	52%	57%		48%	48%	52%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.89 – Carregamentos do exemplo L – pavimento superior

Parede	Lajes e beirais	Vigas sobre as paredes	Outras Cargas	Carregamento aplicado no topo	Peso Próprio (Alv. Tipo 1)	Carregamento aplicado na base	Paredes isoladas	Grupos isolado	Distribuição a 45°
	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN/m)	(kN/m)	(kN/m)
PAR 101	24,8	0,0	0,0	24,8	23,3	48,1	14,4	15,5	14,2
PAR 102	36,4	0,0	0,7	37,1	16,3	53,4	22,7	20,4	20,8
PAR 103	10,1	0,0	1,3	11,4	1,7	13,1	52,5	15,5	32,7
PAR 104	11,6	0,0	1,3	12,9	2,8	15,7	39,2	20,0	29,3
PAR 105	11,0	0,0	1,4	12,3	9,0	21,4	16,4	20,0	17,9
PAR 106	11,0	0,0	1,4	12,3	9,5	21,9	15,9	21,4	20,2
PAR 107	53,2	3,6	0,0	56,9	26,2	83,1	22,0	19,1	19,1
PAR 108	54,9	0,0	1,6	56,5	26,7	83,2	21,6	20,2	20,6
PAR 109	24,5	5,8	0,8	31,2	20,5	51,6	17,5	20,7	19,4
PAR 110	33,9	0,0	0,9	34,8	26,2	61,0	16,2	15,5	15,5
PAR 111	34,2	0,0	0,9	35,0	22,6	57,6	17,7	17,0	17,2
PAR 112	2,3	0,0	1,3	3,6	2,3	5,8	17,9	15,5	16,1
PAR 113	2,3	0,0	1,3	3,6	1,7	5,3	21,2	16,5	18,2
PAR 114	31,3	6,5	0,7	38,4	20,8	59,3	19,8	16,5	15,6
PAR 115	18,9	0,0	1,3	20,2	9,9	30,1	21,1	16,5	18,2
PAR 116	18,9	0,0	1,3	20,2	9,9	30,1	21,1	16,5	16,0
PAR 117	7,1	0,0	1,3	8,4	6,1	14,5	16,5	15,5	16,3
PAR 118	13,3	0,0	2,6	15,9	11,3	27,2	16,7	20,2	19,2
PAR 119	13,2	0,0	2,6	15,8	12,2	28,0	16,0	19,1	19,0
PAR 120	11,4	0,0	2,6	14,0	10,1	24,1	16,6	20,4	19,7
PAR 121	4,4	0,0	1,3	5,7	3,1	8,9	19,7	15,5	17,0
PAR 122	17,6	0,0	0,7	18,4	20,8	39,2	13,1	15,5	15,3
PAR 123	25,0	0,0	1,5	26,5	24,8	51,3	14,3	15,5	15,2
PAR 124	14,3	3,6	0,8	18,7	13,7	32,4	16,4	19,1	19,2
PAR 125	30,5	21,3	0,0	51,8	43,2	95,0	15,3	16,5	16,1
PAR 126	54,2	19,5	0,0	73,7	41,0	114,7	19,4	20,0	19,8
PAR 127	1,2	0,0	0,7	1,9	3,8	5,7	10,4	17,0	14,1
PAR 128	13,5	0,0	0,7	14,3	22,4	36,7	11,4	16,5	17,6
PAR 129	5,1	0,0	2,3	7,4	4,2	11,6	19,3	17,0	18,5
PAR 130	14,9	0,0	2,8	17,7	4,2	21,8	36,4	20,7	27,0
PAR 131	27,4	0,0	2,8	30,2	6,2	36,5	40,5	40,5	40,5
PAR 132	17,3	0,0	1,4	18,7	5,4	24,1	31,0	21,4	23,5
TOTAL	649,5	60,3	40,5	750,3	461,9	1.212,2	52,5	15,5	14,2
(%)	53,58%	4,98%	3,34%	61,89%	38,11%	100,00%			

Tabela B.90 – Dimensionamento Ex.L (sup): Alv.1 (Tj maciço, e=10; PP=2,48 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
101	14,35	1,09	0,94	1,02	15,50	1,18	0,99	1,07	14,15	1,08	0,93	1,01
102	22,73	1,73	1,48	1,51	20,40	1,55	1,39	1,42	20,84	1,59	1,41	1,44
103	52,45	4,44	11,57	2,94	15,50	1,31	7,21	2,85	32,74	2,77	9,24	2,85
104	39,16	3,31	8,56	2,20	19,96	1,69	6,26	2,07	29,30	2,48	7,38	2,07
105	16,44	1,25	0,90	0,77	19,96	1,52	1,02	0,93	17,94	1,37	0,95	0,84
106	15,92	1,21	0,87	0,75	21,37	1,63	1,06	1,00	20,18	1,54	1,01	0,94
107	22,00	1,67	1,33	1,35	19,13	1,46	1,23	1,24	19,14	1,46	1,23	1,24
108	21,62	1,65	1,30	1,32	20,17	1,53	1,25	1,27	20,59	1,57	1,26	1,28
109	17,51	1,33	1,13	1,20	20,70	1,58	1,25	1,34	19,43	1,48	1,20	1,29
110	16,15	1,23	1,17	1,37	15,50	1,18	1,14	1,33	15,53	1,18	1,14	1,33
111	17,72	1,35	1,09	1,12	17,02	1,30	1,06	1,09	17,25	1,31	1,07	1,10
112	17,91	1,51	3,33	0,88	15,50	1,31	3,05	0,81	16,13	1,36	3,13	0,82
113	21,20	1,79	4,09	1,06	16,51	1,40	3,55	0,92	18,23	1,54	3,75	0,97
114	19,76	1,50	1,25	1,28	16,48	1,25	1,13	1,15	15,57	1,18	1,09	1,12
115	21,13	1,61	1,60	1,48	16,51	1,26	1,39	1,28	18,20	1,39	1,47	1,36
116	21,13	1,61	1,60	1,48	16,48	1,25	1,39	1,28	15,95	1,21	1,37	1,26
117	16,53	1,26	1,18	0,93	15,50	1,18	1,13	0,89	16,34	1,24	1,17	0,92
118	16,73	1,27	1,19	1,29	20,17	1,53	1,35	1,46	19,17	1,46	1,30	1,41
119	15,97	1,22	1,12	1,22	19,13	1,46	1,27	1,38	18,99	1,45	1,26	1,37
120	16,62	1,26	1,17	1,05	20,40	1,55	1,34	1,21	19,67	1,50	1,31	1,18
121	19,69	1,66	1,42	0,93	15,50	1,31	1,24	0,81	17,02	1,44	1,31	0,86
122	13,07	0,99	0,75	0,79	15,50	1,18	0,84	0,89	15,34	1,17	0,84	0,88
123	14,35	1,09	0,89	0,93	15,50	1,18	0,94	0,98	15,22	1,16	0,92	0,97
124	16,42	1,25	1,06	1,11	19,13	1,46	1,17	1,23	19,21	1,46	1,17	1,23
125	15,27	1,16	0,95	1,01	16,51	1,26	1,00	1,06	16,06	1,22	0,98	1,04
126	19,44	1,48	1,70	2,31	19,96	1,52	1,72	2,35	19,78	1,51	1,71	2,34
127	10,40	0,79	0,58	0,49	17,02	1,30	0,85	0,79	14,06	1,07	0,73	0,66
128	11,37	0,87	0,64	0,68	16,48	1,25	0,85	0,90	17,56	1,34	0,89	0,94
129	19,29	1,47	1,55	1,10	17,02	1,30	1,44	1,02	18,50	1,41	1,51	1,07
130	36,39	2,77	2,62	1,75	20,70	1,58	1,99	1,57	26,95	2,05	2,24	1,57
131	40,53	3,08	3,62	4,45	40,53	3,08	3,62	4,45	40,53	3,08	3,62	4,45
132	31,05	2,36	2,72	2,11	21,37	1,63	2,24	1,74	23,48	1,79	2,35	1,82
Max.	52,45	4,44	11,57	4,45	40,53	3,08	7,21	4,45	40,53	3,08	9,24	4,45
Média		1,39	1,32	1,30		1,39	1,30	1,32		1,39	1,31	1,31
% Ab		97%	95%	89%		99%	97%	89%		98%	96%	89%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.91 – Dimensionamento Ex.L (sup): Alv.2 (Bl. 9x19x19, e=9; PP=1,53 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
101	11,69	1,23	1,85	1,11	12,66	1,33	1,94	1,17	11,38	1,19	1,82	1,10
102	19,95	2,09	3,03	1,80	17,40	1,83	2,81	1,67	17,89	1,88	2,85	1,69
103	47,80	5,57	ND	3,13	12,66	1,48	ND	3,11	29,03	3,38	ND	3,11
104	35,26	4,11	ND	2,38	17,17	2,00	ND	2,26	26,02	3,03	ND	2,26
105	13,37	1,40	1,70	0,77	17,17	1,80	1,99	0,90	15,07	1,58	1,83	0,83
106	12,87	1,35	1,63	0,95	18,22	1,91	2,03	1,18	17,05	1,79	1,94	1,13
107	19,34	2,03	2,71	1,59	16,29	1,71	2,47	1,45	16,31	1,71	2,47	1,45
108	18,80	1,97	2,62	1,54	17,21	1,81	2,50	1,46	17,67	1,85	2,53	1,48
109	14,74	1,55	2,23	1,34	17,65	1,85	2,49	1,49	16,49	1,73	2,39	1,43
110	13,40	1,41	ND	1,55	12,62	1,32	ND	1,49	12,69	1,33	ND	1,50
111	14,96	1,57	2,18	1,29	14,02	1,47	2,10	1,25	14,33	1,50	2,13	1,26
112	13,72	1,60	ND	0,83	12,62	1,47	ND	0,79	12,62	1,47	ND	0,79
113	16,55	1,93	ND	1,02	13,73	1,60	ND	0,92	14,58	1,70	ND	0,95
114	17,00	1,78	2,53	1,50	13,68	1,44	2,25	1,33	12,82	1,35	2,17	1,29
115	18,12	1,90	3,25	2,07	13,73	1,44	2,80	1,79	15,37	1,61	2,97	1,89
116	18,12	1,90	3,25	2,07	13,68	1,44	2,80	1,78	13,08	1,37	2,73	1,74
117	13,30	1,40	ND	0,91	12,62	1,32	ND	0,88	13,35	1,40	ND	0,91
118	13,46	1,41	ND	1,47	17,21	1,81	ND	1,71	16,13	1,69	ND	1,64
119	12,74	1,34	ND	1,37	16,29	1,71	ND	1,60	16,04	1,68	ND	1,59
120	13,27	1,39	2,26	1,44	17,40	1,83	2,68	1,71	16,61	1,74	2,60	1,66
121	15,92	1,86	2,80	0,95	12,66	1,48	2,47	0,83	13,81	1,61	2,58	0,87
122	10,32	1,08	1,39	0,83	12,66	1,33	1,59	0,94	12,55	1,32	1,58	0,94
123	11,53	1,21	1,74	1,04	12,62	1,32	1,84	1,10	12,36	1,30	1,82	1,09
124	13,60	1,43	2,12	1,27	16,29	1,71	2,37	1,42	16,47	1,73	2,39	1,43
125	12,61	1,32	1,86	1,11	13,73	1,44	1,96	1,17	13,32	1,40	1,92	1,15
126	16,78	1,76	ND	2,85	17,17	1,80	ND	2,88	17,03	1,79	ND	2,87
127	7,22	0,76	0,98	0,37	14,02	1,47	1,64	0,73	11,09	1,16	1,36	0,58
128	8,62	0,90	1,20	0,72	13,68	1,44	1,67	1,00	14,74	1,55	1,77	1,06
129	15,17	1,59	ND	1,11	14,02	1,47	ND	1,06	15,07	1,58	ND	1,10
130	31,96	3,35	5,29	1,85	17,65	1,85	4,02	1,67	23,35	2,45	4,52	1,67
131	36,68	3,85	ND	5,37	36,68	3,85	ND	5,37	36,68	3,85	ND	5,37
132	27,70	2,91	ND	2,34	18,22	1,91	ND	1,90	20,29	2,13	ND	2,00
Max.	47,80	5,57	ND	5,37	36,68	3,85	ND	5,37	36,68	3,85	ND	5,37
Média		1,62	ND	1,51		1,61	ND	1,53		1,61	ND	1,52
% Ab		97%	ND	88%		99%	ND	89%		98%	ND	89%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.92 – Dimensionamento Ex.L (sup): Alv.3 (Bl. 9x19x19, e=19; PP=2,56 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
101	14,58	0,40	0,40	0,36	15,74	0,44	0,43	0,39	14,39	0,40	0,39	0,35
102	22,97	0,64	0,62	0,56	20,65	0,57	0,56	0,51	21,09	0,58	0,57	0,52
103	52,84	1,63	1,79	1,56	15,74	0,48	1,62	1,49	33,05	1,02	1,62	1,49
104	39,49	1,22	1,33	1,13	20,20	0,62	1,15	1,07	29,58	0,91	1,15	1,07
105	16,70	0,46	0,45	0,41	20,20	0,56	0,55	0,50	18,18	0,50	0,49	0,45
106	16,18	0,45	0,44	0,40	21,64	0,60	0,59	0,53	20,45	0,57	0,56	0,50
107	22,23	0,62	0,60	0,55	19,36	0,54	0,53	0,48	19,38	0,54	0,53	0,48
108	21,86	0,61	0,59	0,54	20,42	0,57	0,55	0,50	20,83	0,58	0,57	0,51
109	17,74	0,49	0,48	0,44	20,96	0,58	0,57	0,51	19,68	0,55	0,53	0,48
110	16,38	0,45	0,44	0,43	15,75	0,44	0,43	0,42	15,76	0,44	0,43	0,42
111	17,96	0,50	0,49	0,44	17,27	0,48	0,47	0,42	17,49	0,48	0,47	0,43
112	18,27	0,56	0,55	0,46	15,75	0,48	0,49	0,42	16,43	0,51	0,50	0,43
113	21,59	0,66	0,65	0,57	16,75	0,52	0,57	0,49	18,54	0,57	0,60	0,52
114	19,99	0,55	0,54	0,49	16,71	0,46	0,45	0,41	15,80	0,44	0,43	0,40
115	21,39	0,59	0,58	0,59	16,75	0,46	0,51	0,51	18,44	0,51	0,53	0,54
116	21,39	0,59	0,58	0,59	16,71	0,46	0,51	0,51	16,20	0,45	0,50	0,50
117	16,80	0,52	0,46	0,42	15,75	0,48	0,43	0,41	16,59	0,51	0,45	0,42
118	17,01	0,47	0,46	0,43	20,42	0,57	0,55	0,50	19,43	0,54	0,53	0,48
119	16,25	0,45	0,44	0,42	19,36	0,54	0,53	0,48	19,24	0,53	0,52	0,47
120	16,90	0,47	0,46	0,43	20,65	0,57	0,56	0,51	19,93	0,55	0,54	0,49
121	20,00	0,62	0,60	0,49	15,74	0,48	0,51	0,42	17,29	0,53	0,54	0,44
122	13,30	0,37	0,36	0,33	15,74	0,44	0,43	0,39	15,57	0,43	0,42	0,38
123	14,59	0,40	0,40	0,36	15,75	0,44	0,43	0,39	15,46	0,43	0,42	0,38
124	16,65	0,46	0,45	0,41	19,36	0,54	0,53	0,48	19,44	0,54	0,53	0,48
125	15,49	0,43	0,42	0,38	16,75	0,46	0,45	0,41	16,29	0,45	0,44	0,40
126	19,66	0,54	0,63	0,70	20,20	0,56	0,64	0,71	20,01	0,55	0,64	0,70
127	10,66	0,33	0,32	0,26	17,27	0,53	0,52	0,42	14,31	0,44	0,43	0,35
128	11,60	0,32	0,31	0,28	16,71	0,46	0,45	0,41	17,79	0,49	0,48	0,44
129	19,63	0,60	0,60	0,55	17,27	0,53	0,55	0,51	18,79	0,58	0,58	0,53
130	36,77	1,13	1,11	0,90	20,96	0,65	0,93	0,81	27,25	0,84	0,95	0,81
131	40,85	1,26	1,33	1,70	40,85	1,26	1,33	1,70	40,85	1,26	1,33	1,70
132	31,33	0,96	0,99	0,96	21,64	0,67	0,86	0,86	23,75	0,73	0,86	0,86
Max.	52,84	1,63	1,79	1,70	40,85	1,26	1,62	1,70	40,85	1,26	1,62	1,70
Média		0,52	0,52	0,49		0,52	0,53	0,50		0,52	0,53	0,50
% Ab		97%	96%	96%		99%	98%	98%		98%	98%	98%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.93 – Dimensionamento Ex.L(sup):Alv.4(BI.11,5x14x24,e=11,5;PP=1,76kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)	Carga (kN/m)	NB (MPa)	BS (MPa)	EC (MPa)
101	12,34	0,69	0,72	0,57	13,34	0,75	0,76	0,60	12,05	0,68	0,71	0,56
102	20,62	1,16	1,24	1,08	18,13	1,02	1,16	1,01	18,60	1,04	1,17	1,02
103	48,92	3,05	ND	2,50	13,34	0,83	ND	2,43	29,93	1,87	ND	2,43
104	36,20	2,26	ND	1,84	17,85	1,11	ND	1,76	26,81	1,67	ND	1,76
105	14,11	0,79	0,78	0,57	17,85	1,00	0,99	0,72	15,77	0,89	0,87	0,64
106	13,61	0,76	0,75	0,55	18,98	1,07	1,05	0,77	17,81	1,00	0,99	0,72
107	19,99	1,12	1,15	0,97	16,98	0,95	1,05	0,89	17,00	0,95	1,05	0,89
108	19,48	1,09	1,12	0,94	17,93	1,01	1,07	0,90	18,38	1,03	1,08	0,91
109	15,41	0,87	0,91	0,80	18,39	1,03	1,02	0,89	17,20	0,97	0,97	0,85
110	14,07	0,79	0,89	0,92	13,32	0,75	0,86	0,89	13,38	0,75	0,86	0,89
111	15,63	0,88	0,90	0,78	14,75	0,83	0,87	0,76	15,03	0,84	0,88	0,77
112	14,73	0,92	ND	0,68	13,32	0,83	ND	0,64	13,47	0,84	ND	0,64
113	17,67	1,10	ND	0,84	14,40	0,90	ND	0,75	15,46	0,96	ND	0,78
114	17,67	0,99	1,04	0,90	14,36	0,81	0,93	0,81	13,48	0,76	0,90	0,78
115	18,85	1,06	1,25	1,08	14,40	0,81	1,08	0,94	16,05	0,90	1,15	0,99
116	18,85	1,06	1,25	1,08	14,36	0,81	1,08	0,94	13,78	0,77	1,06	0,92
117	14,08	0,79	0,89	0,67	13,32	0,75	0,86	0,65	14,07	0,79	0,89	0,67
118	14,25	0,80	0,90	0,78	17,93	1,01	1,04	0,90	16,86	0,95	1,00	0,87
119	13,53	0,76	0,85	0,84	16,98	0,95	0,98	0,97	16,76	0,94	0,97	0,96
120	14,08	0,79	0,89	0,77	18,13	1,02	1,04	0,90	17,35	0,97	1,01	0,88
121	16,83	1,05	ND	0,73	13,34	0,83	ND	0,64	14,58	0,91	ND	0,67
122	10,98	0,62	0,61	0,51	13,34	0,75	0,74	0,58	13,22	0,74	0,73	0,57
123	12,21	0,69	0,70	0,62	13,32	0,75	0,74	0,66	13,05	0,73	0,73	0,65
124	14,28	0,80	0,84	0,76	16,98	0,95	0,94	0,84	17,13	0,96	0,95	0,85
125	13,25	0,74	0,75	0,67	14,40	0,81	0,80	0,70	13,98	0,78	0,78	0,69
126	17,42	0,98	1,23	1,56	17,85	1,00	1,25	1,58	17,69	0,99	1,24	1,58
127	7,99	0,50	0,44	0,32	14,75	0,92	0,82	0,60	11,81	0,74	0,65	0,48
128	9,28	0,52	0,51	0,38	14,36	0,81	0,79	0,58	15,42	0,87	0,85	0,63
129	16,17	0,91	1,10	0,86	14,75	0,83	1,04	0,82	15,90	0,89	1,09	0,85
130	33,03	1,85	2,14	1,40	18,39	1,03	1,64	1,30	24,22	1,36	1,83	1,30
131	37,61	2,11	2,82	3,09	37,61	2,11	2,82	3,09	37,61	2,11	2,82	3,09
132	28,51	1,60	2,09	1,61	18,98	1,07	1,71	1,45	21,06	1,18	1,79	1,45
Max.	48,92	3,05	ND	3,09	37,61	2,11	ND	3,09	37,61	2,11	ND	3,09
Média		0,90	ND	0,89		0,90	ND	0,91		0,90	ND	0,90
% Ab		97%	ND	88%		99%	ND	89%		98%	ND	89%

* ND – O dimensionamento não é possível

Tabela B.94 – Dimensionamento Ex.L(sup):Alv.5(BI.11,5x14x24,e=14;PP=2,01 kN/m²)

Par	Paredes isoladas				Grupos isolados				Distribuição a 45°			
	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC	Carga	NB	BS	EC
	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(kN/m)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
101	13,04	0,53	0,53	0,45	14,09	0,58	0,57	0,48	12,78	0,52	0,52	0,45
102	21,36	0,87	0,87	0,79	18,92	0,77	0,77	0,74	19,38	0,79	0,79	0,75
103	50,15	2,27	3,62	2,09	14,09	0,64	2,77	2,00	30,90	1,40	2,88	2,00
104	37,23	1,69	2,63	1,52	18,58	0,84	1,97	1,44	27,68	1,26	2,27	1,44
105	14,92	0,61	0,61	0,50	18,58	0,76	0,76	0,62	16,52	0,67	0,67	0,55
106	14,41	0,59	0,59	0,48	19,81	0,81	0,81	0,66	18,63	0,76	0,76	0,62
107	20,69	0,84	0,84	0,69	17,72	0,72	0,72	0,60	17,74	0,72	0,72	0,60
108	20,22	0,83	0,82	0,70	18,70	0,76	0,76	0,67	19,14	0,78	0,78	0,67
109	16,14	0,66	0,66	0,58	19,19	0,78	0,78	0,65	17,98	0,73	0,73	0,62
110	14,79	0,60	0,60	0,59	14,08	0,57	0,57	0,57	14,13	0,58	0,57	0,57
111	16,36	0,67	0,67	0,58	15,54	0,63	0,63	0,56	15,80	0,64	0,64	0,56
112	15,84	0,72	1,02	0,57	14,08	0,64	0,96	0,54	14,39	0,65	0,97	0,54
113	18,90	0,86	1,27	0,71	15,14	0,69	1,12	0,63	16,43	0,74	1,17	0,66
114	18,40	0,75	0,75	0,66	15,09	0,62	0,63	0,59	14,21	0,58	0,61	0,57
115	19,65	0,80	0,83	0,83	15,14	0,62	0,72	0,71	16,80	0,69	0,76	0,76
116	19,65	0,80	0,83	0,83	15,09	0,62	0,72	0,71	14,53	0,59	0,70	0,70
117	14,93	0,61	0,61	0,54	14,08	0,57	0,58	0,52	14,86	0,61	0,60	0,54
118	15,11	0,62	0,61	0,62	18,70	0,76	0,76	0,71	17,67	0,72	0,72	0,69
119	14,38	0,59	0,59	0,59	17,72	0,72	0,72	0,67	17,53	0,72	0,71	0,67
120	14,96	0,61	0,61	0,60	18,92	0,77	0,77	0,69	18,16	0,74	0,74	0,67
121	17,82	0,81	1,12	0,62	14,09	0,64	0,98	0,54	15,43	0,70	1,03	0,57
122	11,71	0,48	0,48	0,39	14,09	0,58	0,57	0,47	13,96	0,57	0,57	0,47
123	12,95	0,53	0,53	0,46	14,08	0,57	0,57	0,48	13,80	0,56	0,56	0,48
124	15,02	0,61	0,61	0,52	17,72	0,72	0,72	0,59	17,85	0,73	0,73	0,60
125	13,95	0,57	0,57	0,49	15,14	0,62	0,62	0,51	14,70	0,60	0,60	0,50
126	18,12	0,74	0,82	1,09	18,58	0,76	0,84	1,11	18,42	0,75	0,83	1,10
127	8,82	0,40	0,44	0,29	15,54	0,70	0,78	0,52	12,59	0,57	0,63	0,42
128	10,01	0,41	0,41	0,33	15,09	0,62	0,61	0,50	16,16	0,66	0,66	0,54
129	17,25	0,78	0,74	0,70	15,54	0,70	0,70	0,66	16,80	0,76	0,73	0,69
130	34,20	1,55	1,45	1,15	19,19	0,87	1,21	1,08	25,17	1,14	1,25	1,08
131	38,63	1,58	1,84	2,21	38,63	1,58	1,84	2,21	38,63	1,58	1,84	2,21
132	29,39	1,20	1,37	1,29	19,81	0,81	1,20	1,18	21,90	0,89	1,20	1,18
Max.	50,15	2,27	3,62	2,21	38,63	1,58	2,77	2,21	38,63	1,58	2,88	2,21
Média		0,69	0,72	0,66		0,69	0,73	0,68		0,69	0,73	0,67
% Ab		97%	96%	97%		99%	98%	98%		98%	98%	98%

* ND – O dimensionamento não é possível