UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

UNESP - Campus de Bauru/SP

Departamento de Engenharia Civil

2151 – Alvenaria Estrutural

CARGAS VERTICAIS EM EDIFÍCIOS

Prof. Dr. PAULO SÉRGIO DOS SANTOS BASTOS

(wwwp.feb.unesp.br/pbastos)

Bauru - Out/19

FONTES:

RAMALHO, M.A. ; CORRÊA, M.R.S. *Projeto de edifícios de Alvenaria Estrutural.* São Paulo, Ed. Pini, 2003, 174p.

ACCETTI, K.M. *Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria*. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos/USP, 1998, 247p.

CARREGAMENTO VERTICAL:

As cargas verticais dependem do tipo e da utilização dos edifícios. Nos edifícios de Alvenaria Estrutural (A.E.) as principais cargas verticais nas paredes são:

a) ações das lajes;
b) peso próprio das paredes.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Cargas nas Lajes:

Permanentes (g): peso próprio, contrapiso, revestimentos inferior e superior, peso de paredes não estruturais.

Variáveis (q): consultar a NBR 6120.

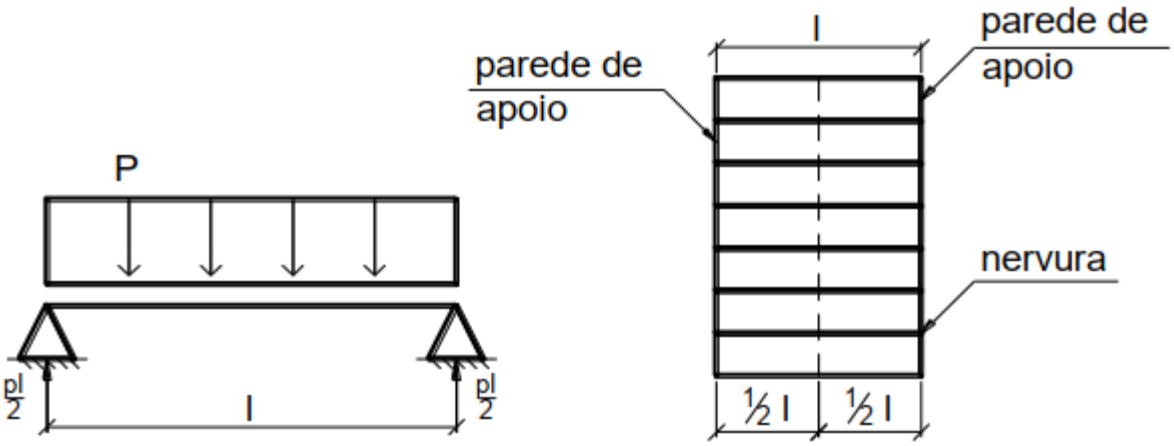
As reações das lajes maciças sobre as paredes de apoio são calculadas conforme as áreas de influência, com auxílio de tabelas.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Cargas nas Lajes:

No caso de lajes pré-moldadas unidirecionais pode-se considerar:

a) Laje apoiada nas bordas (paredes)

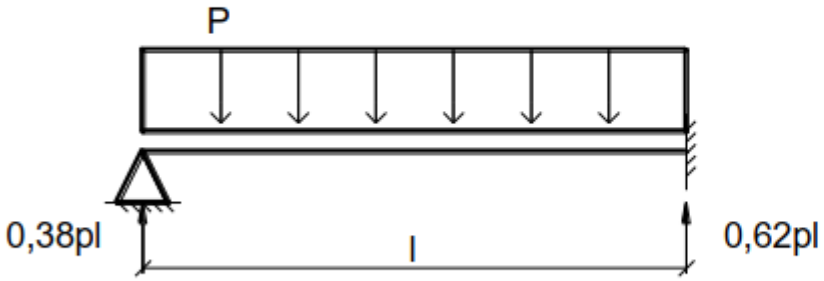


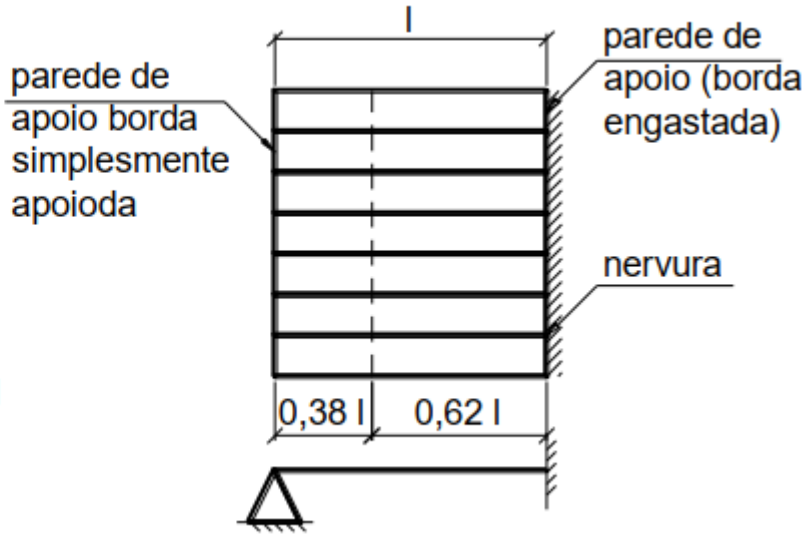
Laje pré-moldada apoiada nas duas extremidades.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Cargas nas Lajes:

b) Laje simplesmente apoiada em uma borda e engastada na outra



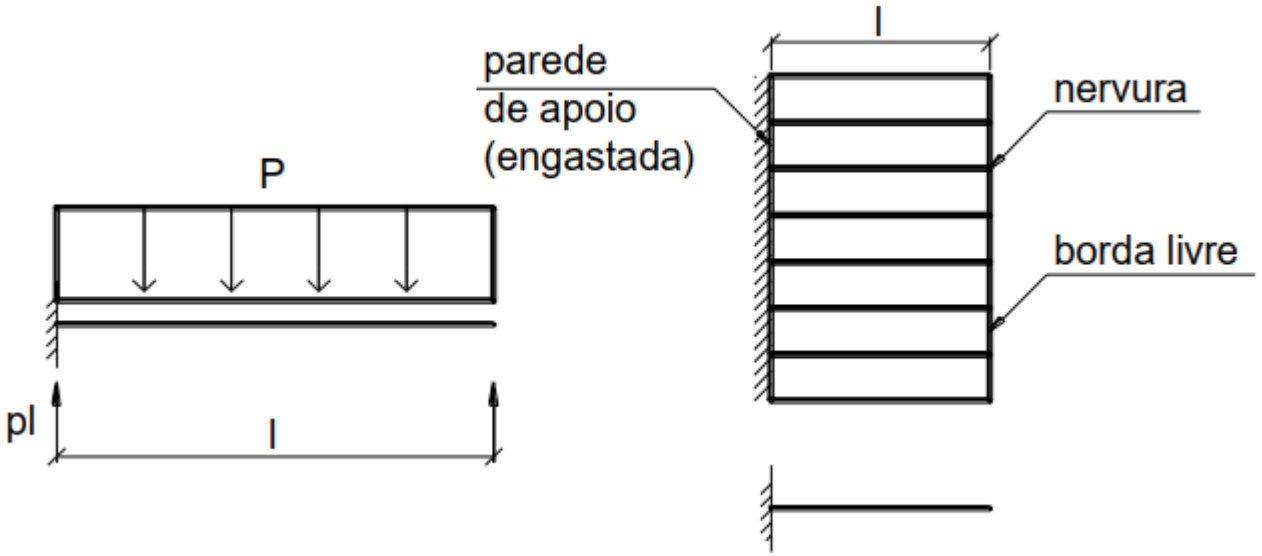


Laje pré-moldada apoiada em uma extremidades e engastada na outra.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Cargas nas Lajes:

c) Laje em balanço



Laje pré-moldada em balanço.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Peso Próprio de Paredes:

$g_{pp} = e \cdot h \cdot \gamma_{alv}$

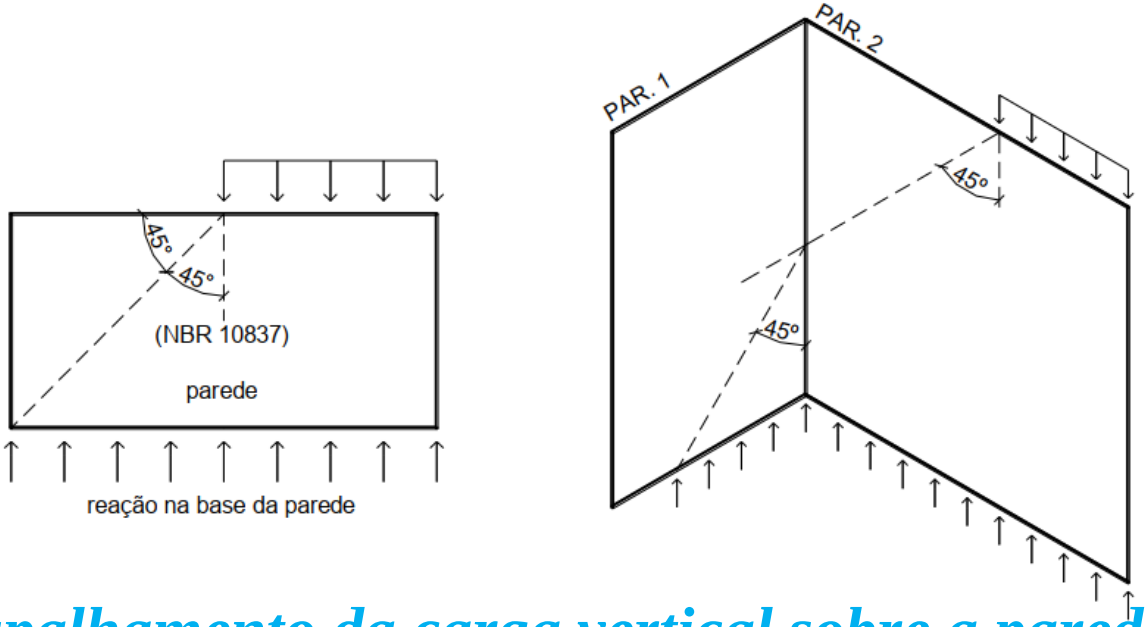
e = espessura da parede (m);
h = altura da parede (m);
γ_{alv} **= peso específico da alvenaria (kN/m^3):**

- **12 para blocos cerâmicos vazados;**
- **14 para blocos vazados de concreto;**
- **24 para blocos vazados de concreto preenchidos com graute;**

CARREGAMENTO VERTICAL:

Interação entre Paredes:

Em uma parede parcialmente carregada tende a ocorrer um espalhamento da carga vertical ao longo da altura da parede. Isso também ocorre entre as paredes, nos cantos e bordas com juntas amarradas (sem juntas a prumo).



Espalhamento da carga vertical sobre a parede

CARREGAMENTO VERTICAL:

Interação entre Paredes:

Aberturas, com portas e janelas, caracterizam interrupções das paredes, de modo que uma parede com aberturas considera-se como uma sequência de paredes independentes. Porém, devido à ligação entre as paredes contínuas, aí também ocorre o espalhamento das cargas (no caso de janelas usuais, 2/3 da altura do pé-direito é preenchido com bloco, e 1/3 no caso das portas).

O procedimento de distribuição de cargas verticais entre as paredes deve ser definido com uma avaliação cuidadosa dos níveis de interação entre as paredes, procurando-se representar as condições reais de trabalho da estrutura.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Interação entre Paredes:

De forma acentuada ou não, sempre ocorrerá uma uniformização dos carregamentos ao longo da altura da edificação, e o ponto relevante é quantificar essa uniformização. Quanto maior for a uniformização das cargas verticais, melhor para a economia, pois ocorrerá uma diminuição da resistência a ser especificada para os blocos. Porém, se a uniformização, como suposta no projeto, não ocorrer na estrutura real, pode-se ter uma redução significativa da segurança da edificação.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Interação entre Paredes:

Os elementos construtivos que mais contribuem para a uniformização são:

a) amarração das paredes em cantos e bordas sem juntas a prumo (mais importante);
b) construção de cintas sob as lajes e à meia altura da parede;
c) lajes maciças;
d) vergas e contravergas.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Procedimentos de Distribuição:

a) Paredes Isoladas

- cada parede é considerada independente, que não interage;
- procedimento simples e rápido;
- não é econômico e realista;
- usual apenas em edificações de baixa altura.

CARREGAMENTO VERTICAL:

Procedimentos de Distribuição:

b) Grupos Isolados de Paredes

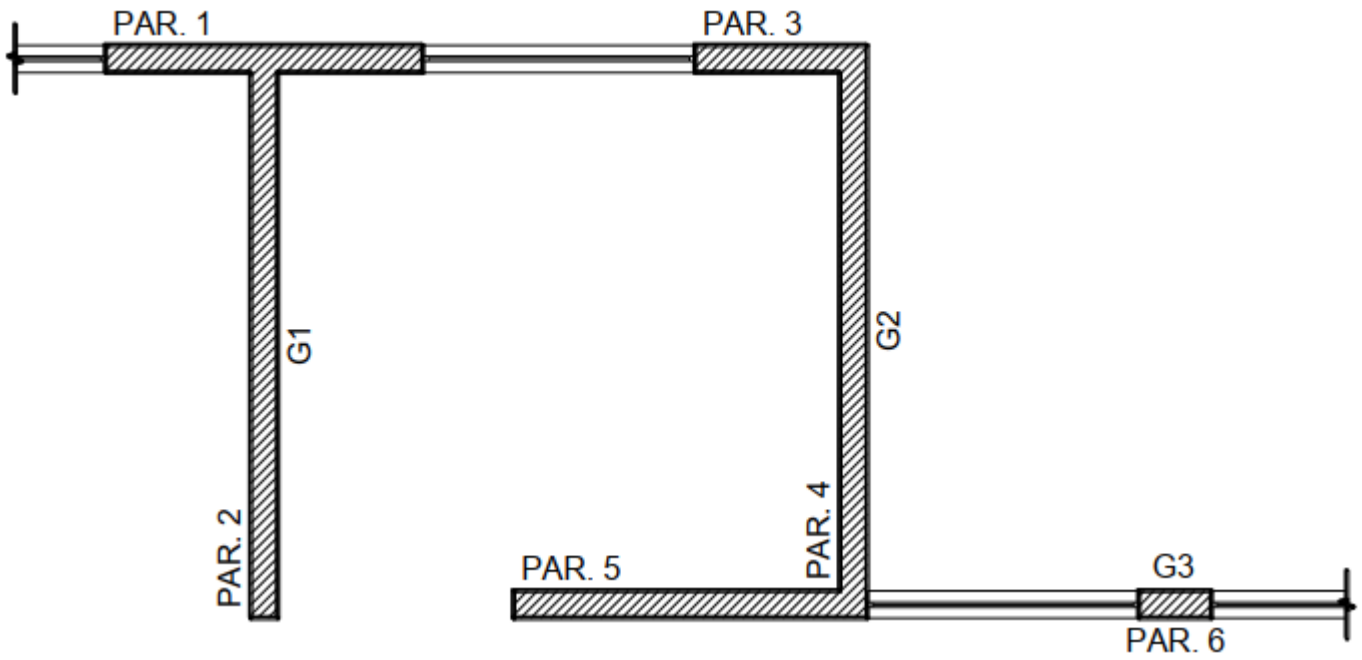
Grupo é um conjunto de paredes supostas totalmente solidárias. Geralmente, os limites dos grupos são as aberturas (portas e janelas). A carga vertical é considerada uniforme em cada grupo.

As forças de interação, que provocam a uniformização, são desconsideradas nas aberturas, de modo que cada grupo definido trabalha isolado dos demais (é bem aceito na literatura internacional).

CARREGAMENTO VERTICAL:

Procedimentos de Distribuição:

b) Grupos Isolados de Paredes



Exemplo de grupos de paredes

CARREGAMENTO VERTICAL:

Procedimentos de Distribuição:

b) Grupos Isolados de Paredes

A carga de cada parede é determinada e somada às demais do grupo, e a carga total é distribuída no comprimento total de paredes do grupo, havendo, assim, uma uniformização das cargas das paredes nesse grupo. Esse procedimento é considerado simples, usualmente seguro, bastante racional e econômico. Resulta blocos com resistências inferiores ao procedimento das paredes isoladas. É considerado adequado a edificações de qualquer altura, desde que realmente ocorra a interação nos cantos e bordas (fundamental!).

CARREGAMENTO VERTICAL:

Procedimentos de Distribuição:

c) Grupos de Paredes com Interação

Os grupos interagem entre si, ao se considerarem as forças de interação existentes nas aberturas. Devem ser definidos quais os grupos que interagem, definindo-se uma "taxa de interação", que representa quanto da diferença de cargas entre os grupos que interagem deve ser uniformizada em cada nível (pavimento).

É um procedimento que exige bastante experiência do projetista, e o que possibilita blocos de menor resistência. É adequado para edificações de qualquer altura.

CARREGAMENTO VERTICAL:

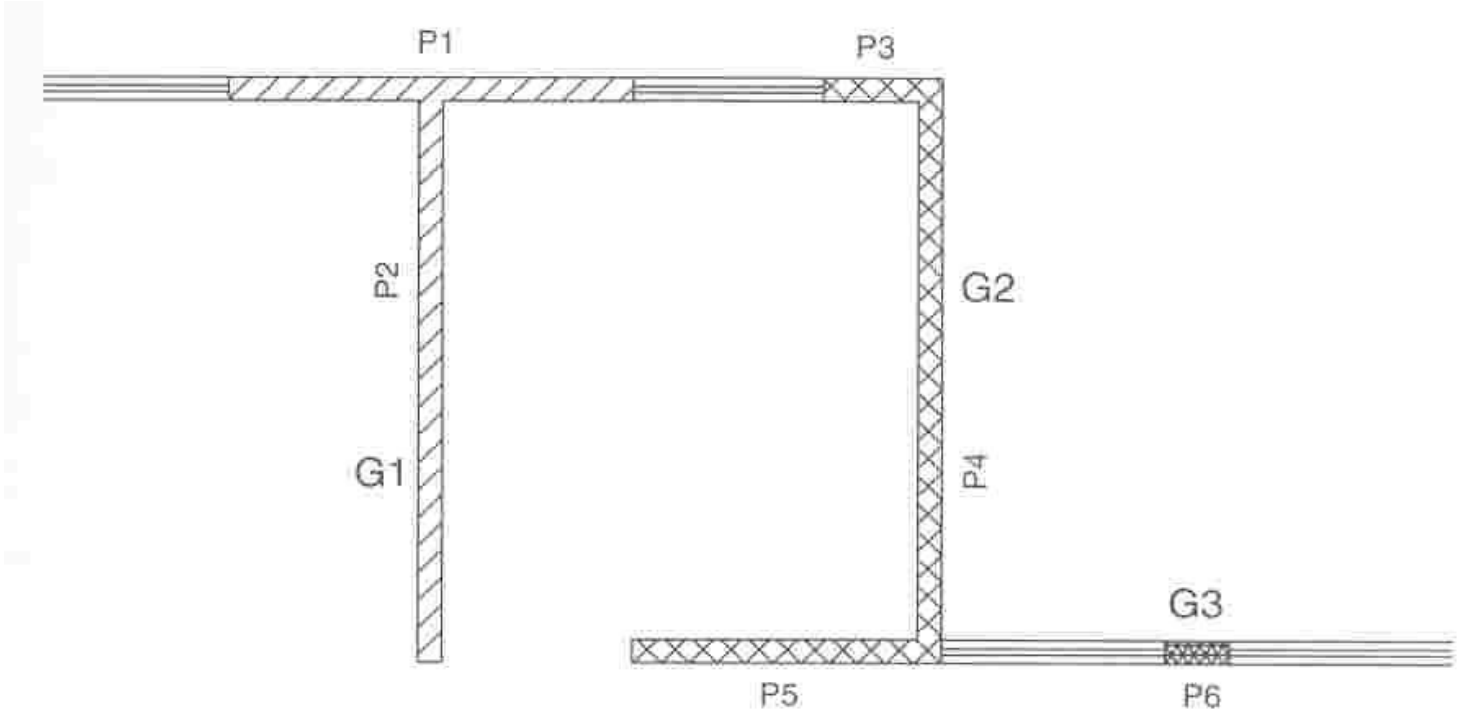
Procedimentos de Distribuição:

d) Modelagem Tridimensional em Elementos Finitos

A estrutura é discretizada em elementos de membrana ou chapa, com os carregamentos ao nível de cada pavimento. Procedimento interessante, que apresenta: dificuldades na montagem dos dados e na interpretação dos resultados, e definição de elementos que possam representar o material alvenaria. Não é aplicado ainda em projetos, necessitando de mais pesquisas.

EXEMPLO 1
(Ramalho e Corrêa, p.35)

Paredes e grupos considerados, em edifício de 8 pavimentos e bloco vazado de concreto com largura de 14 cm.

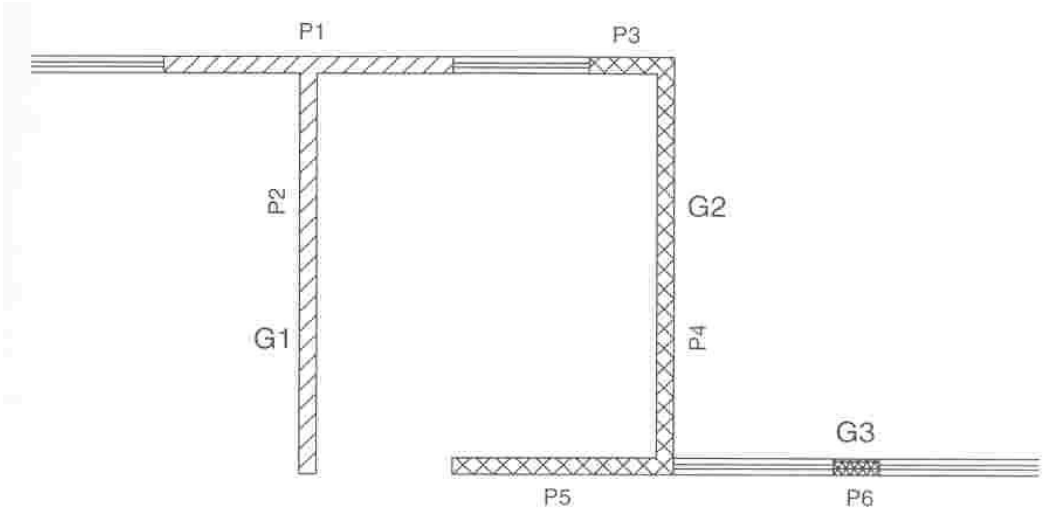


Exemplo de grupos de paredes definidos pelas aberturas existentes

Carregamento nas paredes em 1 pavimento:

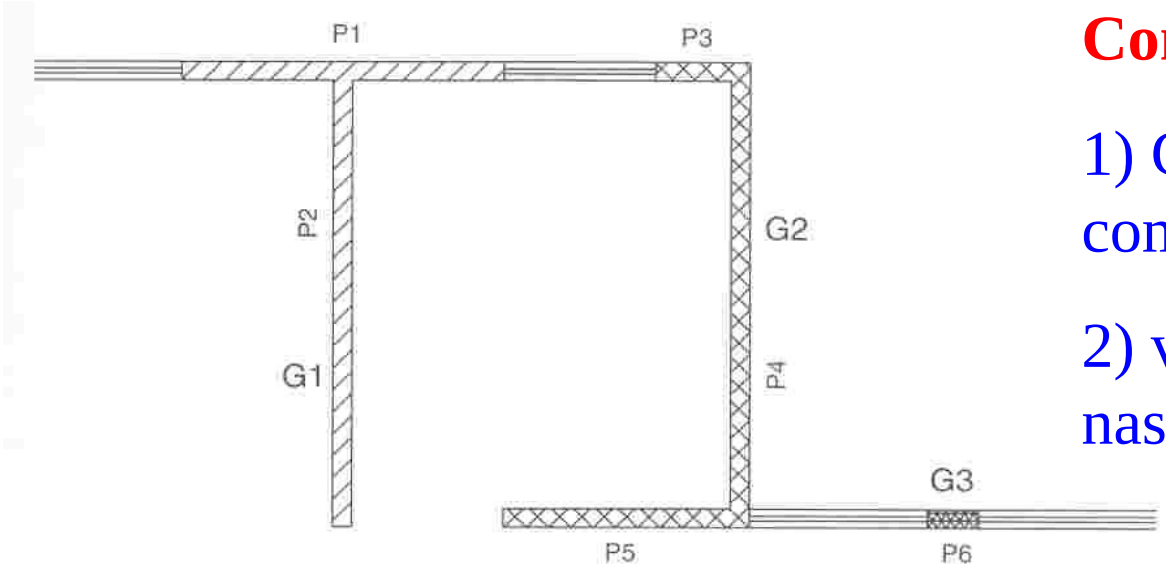
Parede	Comp. (m)*	Laje (kN/m) *	P. prop. (kN/m) *	Tot. dist. (kN/m)	Total (kN)
P1	2,55	8,50	5,50	8,50+5,50= 14,00	14,00*2,55= 35,70
P2	3,60	14,75	5,50	20,25	72,90
P3	0,75	7,50	5,50	13,00	9,75
P4	3,45	8,75	5,50	14,25	49,17
P5	2,25	17,25	5,50	22,75	51,19
P6	0,40	36,00	5,50	41,50	16,60

* : valor dado



Procedimento de "Paredes Isoladas" (primeiro pavimento):

Parede	Carga Dist. (kN/m)	Tensão (kN/m²)	Tensão (MPa)	Res. Bloco (MPa)
P1	14,00*8= 112,0	112,0/0,14= 800,0	0,800	5
P2	162,0	1157,1	1,157	7
P3	104,0	742,9	0,743	4,5
P4	114,0	814,3	0,814	5
P5	182,0	1300,0	1,300	8
P6	332,0	2371,4	2,371	15



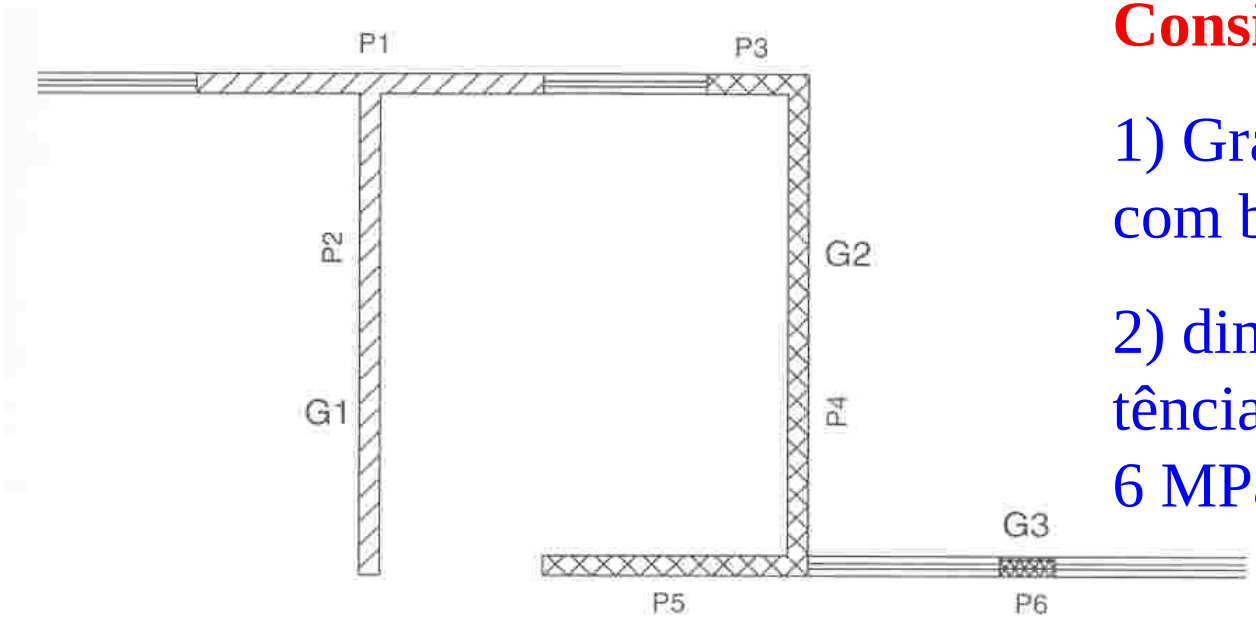
Considerações:

1) Grautear a P6, demais com bloco de 8 MPa;

2) variação muito grande nas outras paredes.

Procedimento de "Grupos de Paredes SEM Interação":

Grupo	Compr. (m)	Carga tot. (kN)	Carga dist. (kN/m)	Tensão (MPa)	Res. Bloco (MPa)
G1	2,55+3,6= 6,15	(35,6+72,9)*8= 868,8	868,8/6,15= 141,3	141,3/0,14/ 1000=1,009	6
G2	6,45	880,9	136,6	0,976	6
G3	0,40	132,8	332,0	2,371	15



Considerações:

1) Grautear a P6, demais com bloco de 6 MPa;

2) diminuição da resis-tência do bloco de 8 para 6 MPa (economia).

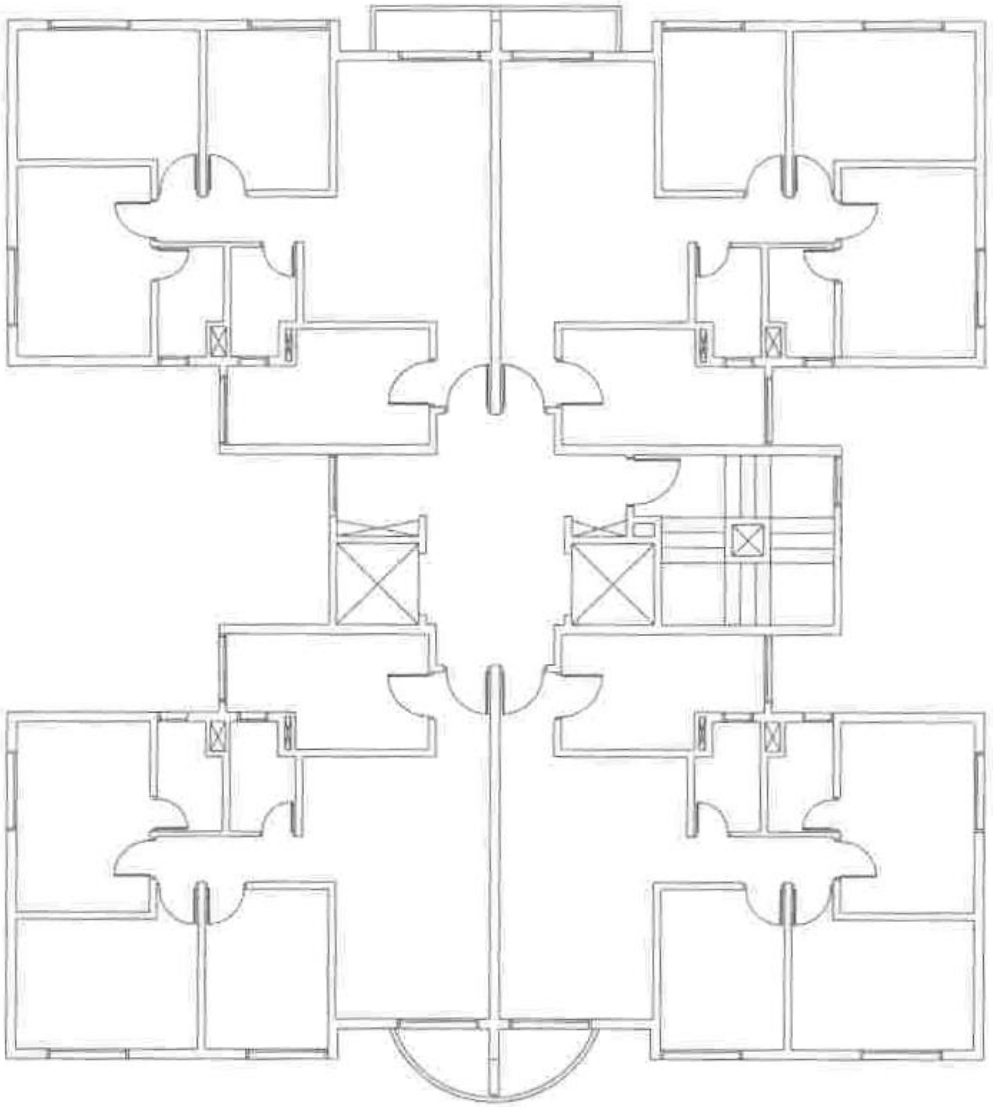
Procedimento de "Grupos de Paredes COM Interação":

Consultar também:

Dissertação de Accetti (Exemplo 1, p.63).

Pav.	C. média (kN/m)	Grupo	Carga (kN/m)	Δ Carga (kN/m)	C. unif. (kN/m)	Tensão (kN/m²)	Tensão (MPa)	Res. Bloco (MPa)
8	18,10	G1	17,66	-0,219	17,88	127,7	0,128	1
		G2	17,08	-0,513	17,58	125,6	0,126	1
		G3	41,50	11,700	29,80	212,8	0,213	1
7	36,20	G1	35,33	-0,437	35,76	255,4	0,255	2
		G2	34,15	-1,025	35,17	251,2	0,251	2
		G3	83,00	23,400	59,60	425,7	0,426	3
6	54,30	G1	52,99	-0,656	53,64	383,1	0,383	2
		G2	51,23	-1,538	52,76	376,8	0,377	2
		G3	124,50	35,100	89,40	638,5	0,639	4
5	72,40	G1	70,65	-0,874	71,52	510,9	0,511	3
		G2	68,30	-2,050	70,35	502,5	0,503	3
		G3	166,00	46,800	119,20	851,4	0,851	5
4	90,50	G1	88,32	-1,093	89,40	638,6	0,639	4
		G2	85,38	-2,563	87,93	628,1	0,628	4
		G3	207,50	58,500	149,00	1064,2	1,064	7
3	108,60	G1	105,98	-1,311	107,28	766,3	0,766	5
		G2	102,45	-3,075	105,52	753,7	0,754	5
		G3	249,00	70,200	178,80	1277,1	1,277	8
2	126,70	G1	123,64	-1,530	125,17	894,0	0,894	6
		G2	119,53	-3,588	123,11	879,3	0,879	5
		G3	290,50	81,900	208,60	1490,0	1,490	9
1	144,80	G1	141,30	-1,748	143,05	1021,8	1,022	6
		G2	136,60	-4,100	140,70	1005,0	1,005	6
		G3	332,00	93,600	238,40	1702,8	1,703	11

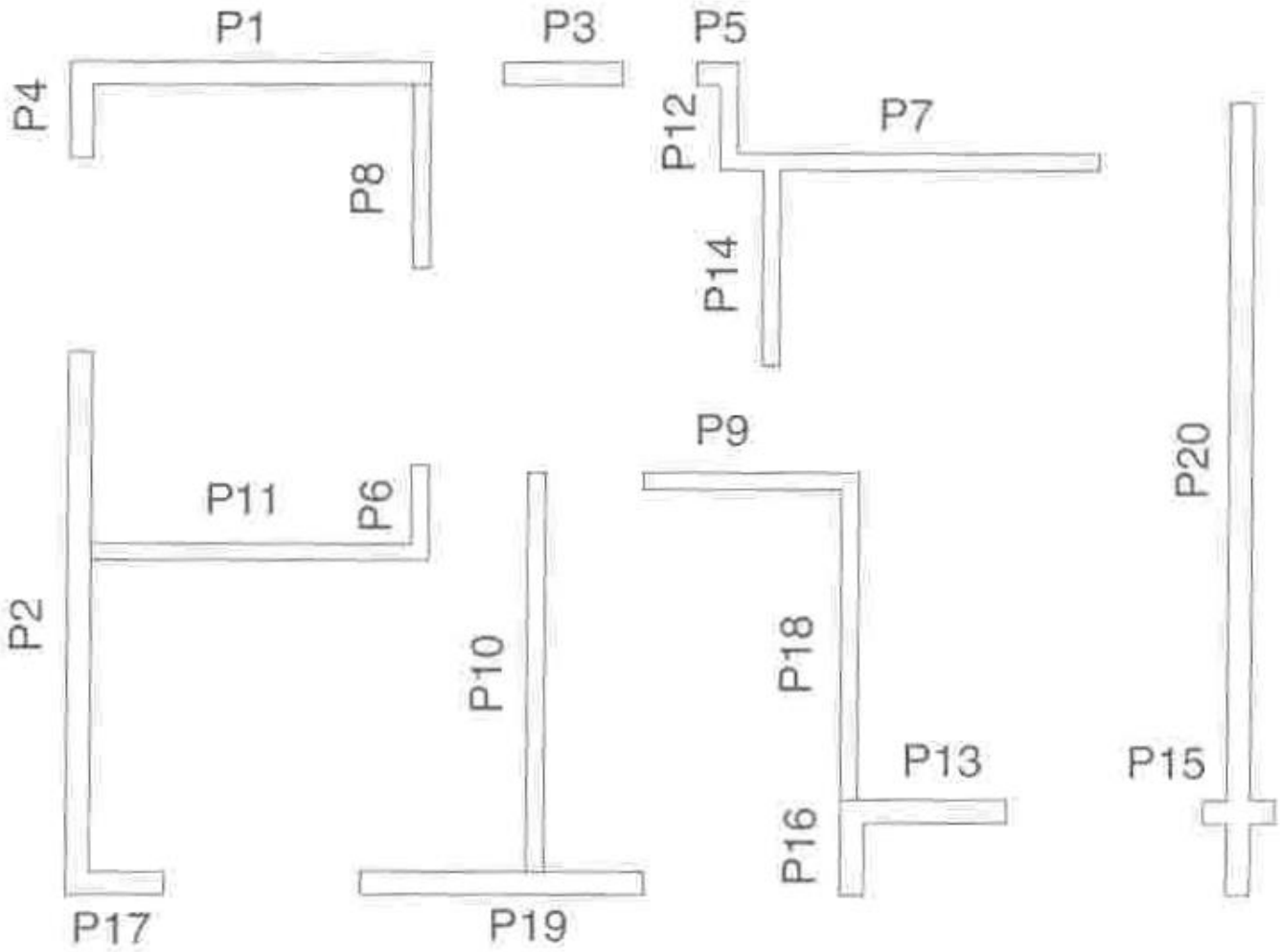
EXEMPLO 2
(Ramalho e Corrêa, p.38)



Edifício de 9 pav., paredes externas e divisa entre apart. (19 cm) e demais (14 cm), e bloco vazado de concreto.

Planta completa do edifício

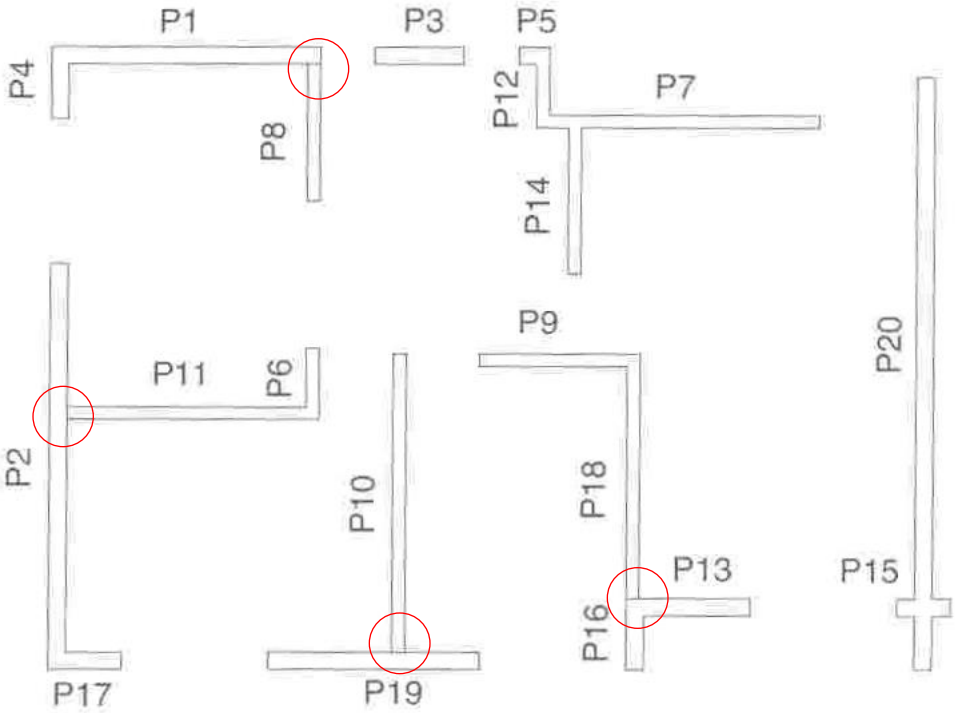
Paredes definidas:



Paredes da região inferior esquerda

Grupos e paredes componentes:

Grupo	Paredes componentes
G1	P2 e P17
G2	P6 e P11
G3	P1 e P4
G4	P19
G5	P10
G6	P9 e P18
G7	P8
G8	P5, P7, P12 e P14
G9	P13 e P16
G10	P3
G11	P15 e P20



Considerações:

1) divisão dos grupos considerando a espessura das paredes e amarração a prumo com armaduras (**interação duvidosa**!);
2) paredes pequenas consideradas interagindo (ex.: P5).

Resultados obtidos para as cargas nas paredes (1º pav.):

Gru-po	Paredes componentes
G1	P2 e P17
G2	P6 e P11
G3	P1 e P4
G4	P19
G5	P10
G6	P9 e P18
G7	P8
G8	P5, P7, P12 e P14
G9	P13 e P16
G10	P3
G11	P15 e P20

Parede	Carga (kN/m)			
	Paredes Isoladas	Grupos SEM interação	Grupos COM interação de 50%	Grupos COM interação de 100%
P1	103,9	121,3	149,9	153,5
P2	108,9	117,6	149,5	153,5
P3	260,9	260,9	165,4	153,5
P4	300,8	121,3	149,9	153,5
P5	328,5	166,3	154,9	153,5
P6	309,1	149,3	153,1	153,5
P7	158,8	166,3	154,9	153,5
P8	195,2	195,2	158,1	153,5
P9	155,1	146,0	152,7	153,5
P10	129,1	129,1	150,8	153,5
P11	114,8	149,3	153,1	153,5
P12	97,6	166,3	154,9	153,5
P13	193,4	190,4	157,6	153,5
P14	182,5	166,3	154,9	153,5
P15	577,2	201,3	158,8	153,5
P16	184,0	190,4	157,6	153,5
P17	164,3	117,6	149,5	153,5
P18	140,4	146,0	152,7	153,5
P19	148,8	148,8	153,0	153,5
P20	166,6	201,3	158,8	153,5

Resistência à compressão do bloco (MPa) – 1º pav.:

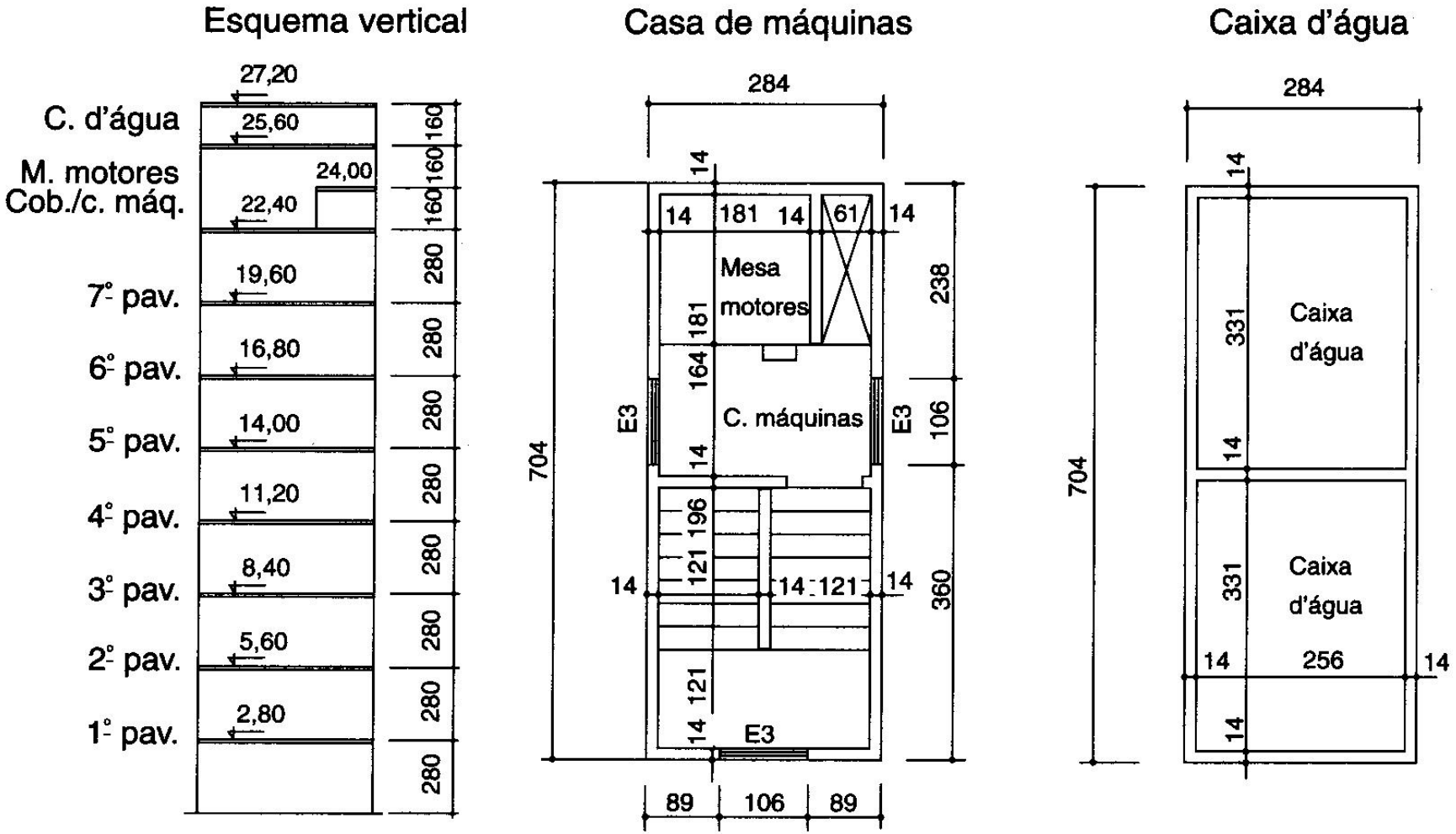
Paredes Isoladas	Grupos SEM interação	Grupos COM interação de 50%	Grupos COM interação de 100%
16	8	6	6

Considerações:

1) tomadas as maiores resistências dos blocos (entre todas as paredes);
2) grauteamento não considerado;
3) o processo utilizado para a distribuição das cargas verticais influencia de forma muito significativa a resistência dos blocos, e assim o custo da obra;
4) a segurança do procedimento escolhido é a questão mais importante;
5) a interação entre paredes deve ser melhor pesquisada.

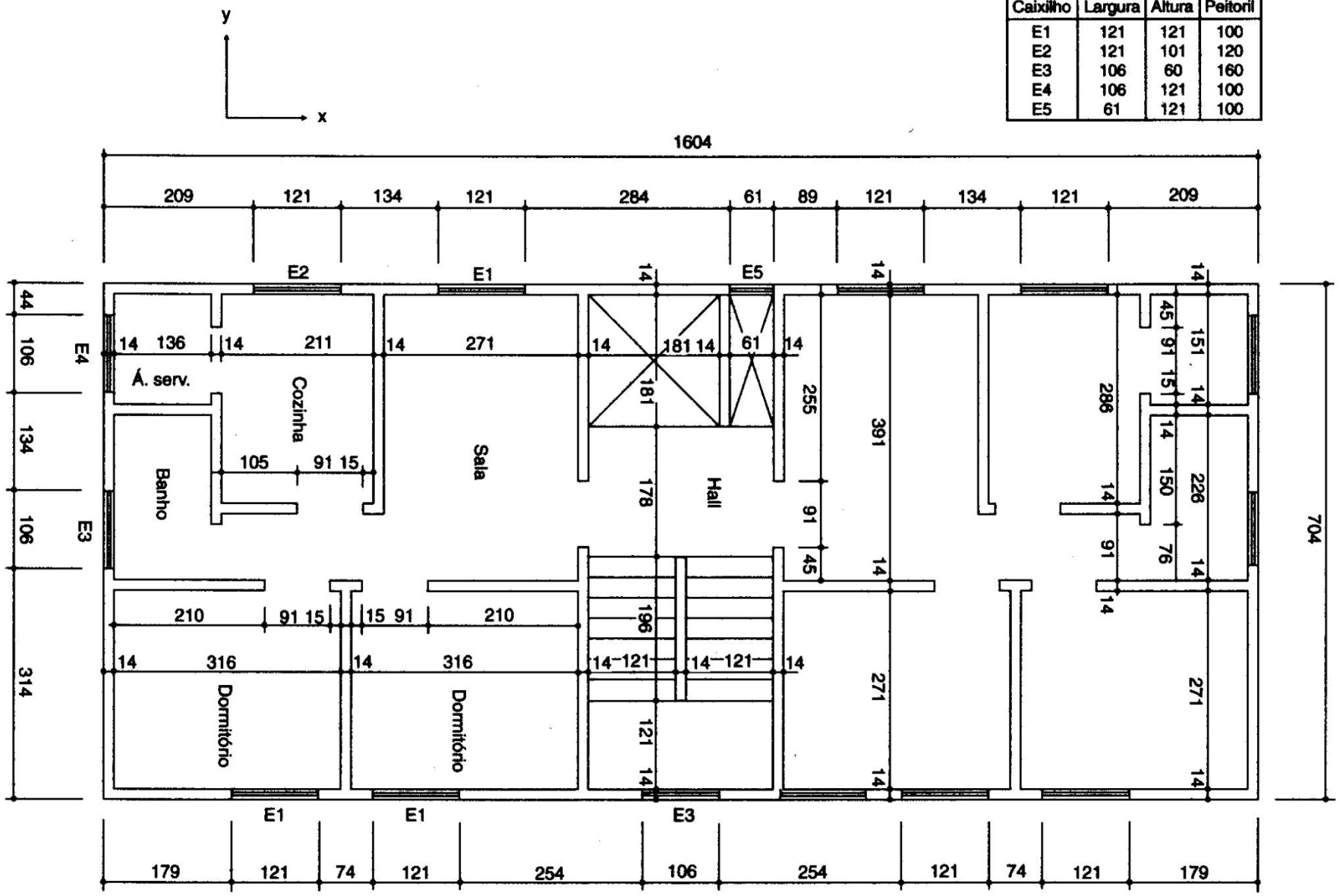
EXEMPLO DE EDIFÍCIO DE PORTE MÉDIO (Ramalho e Corrêa, p.131)

Edifício de 8 pav. tipo, todas paredes estruturais de blocos de concreto (14 cm).



Planta do pavimento tipo:

Caixilho	Largura	Altura	Peitoril
E1	121	121	100
E2	121	101	120
E3	106	60	160
E4	106	121	100
E5	61	121	100

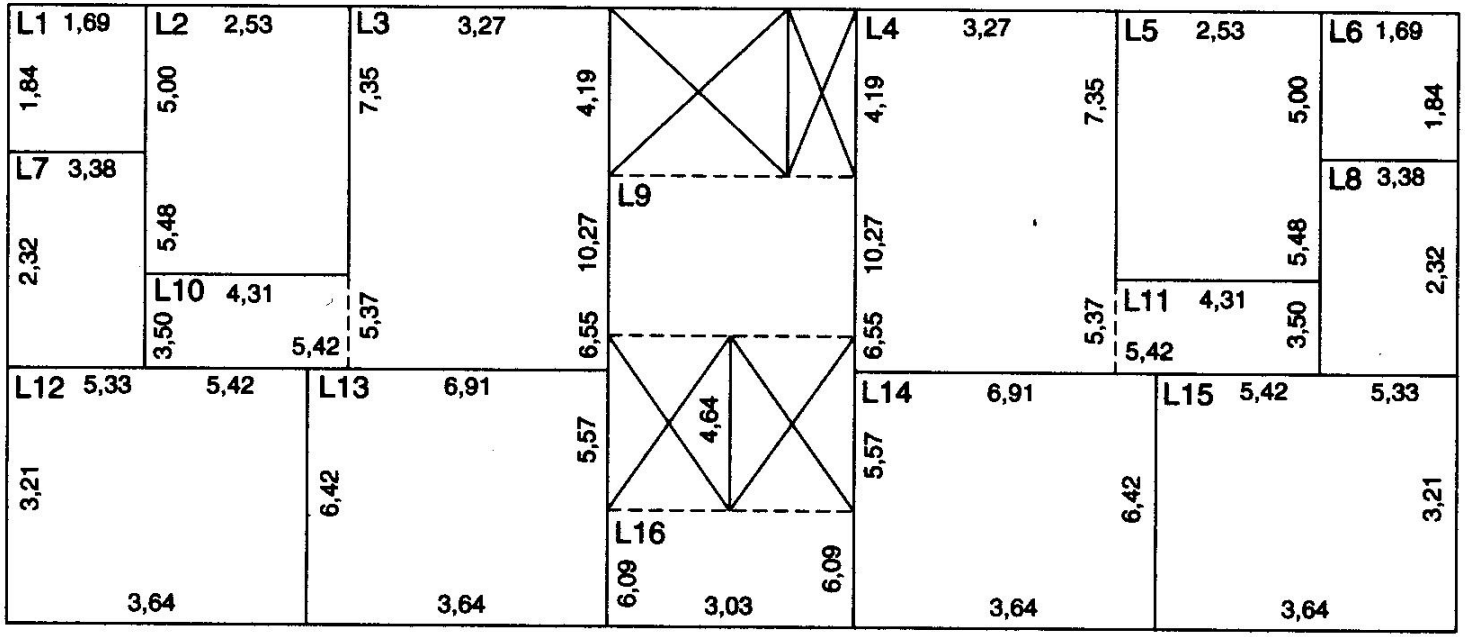


Arranjo arquitetônico do pavimento tipo

Carregamentos das lajes do pavimento tipo:

Laje	Características geométricas			Cargas (kN/m^2)				
	Lx (cm)	Ly (cm)	h (cm)	Sobrecarga	Revest.	Peso próprio	Alv. Não-estrutural	Carga total
L1=L6	150	165	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L2=L5	225	300	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L3=L4	285	405	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L7=L8	150	240	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L9	270	178	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L10=L11	225	105	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L12=L15	330	285	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L13=L14	330	285	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5
L16	270	128	8	1,5	1,0	2,0	0,0	4,5

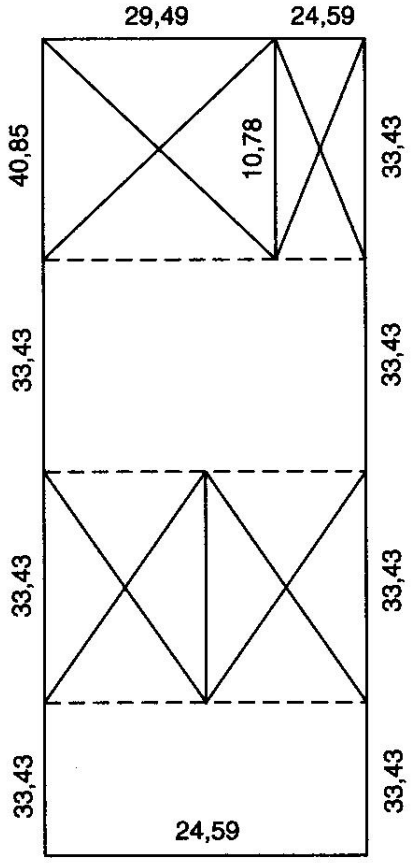
Lajes do pav. tipo e reações nas paredes (kN/m):



Carregamentos das lajes do ático:

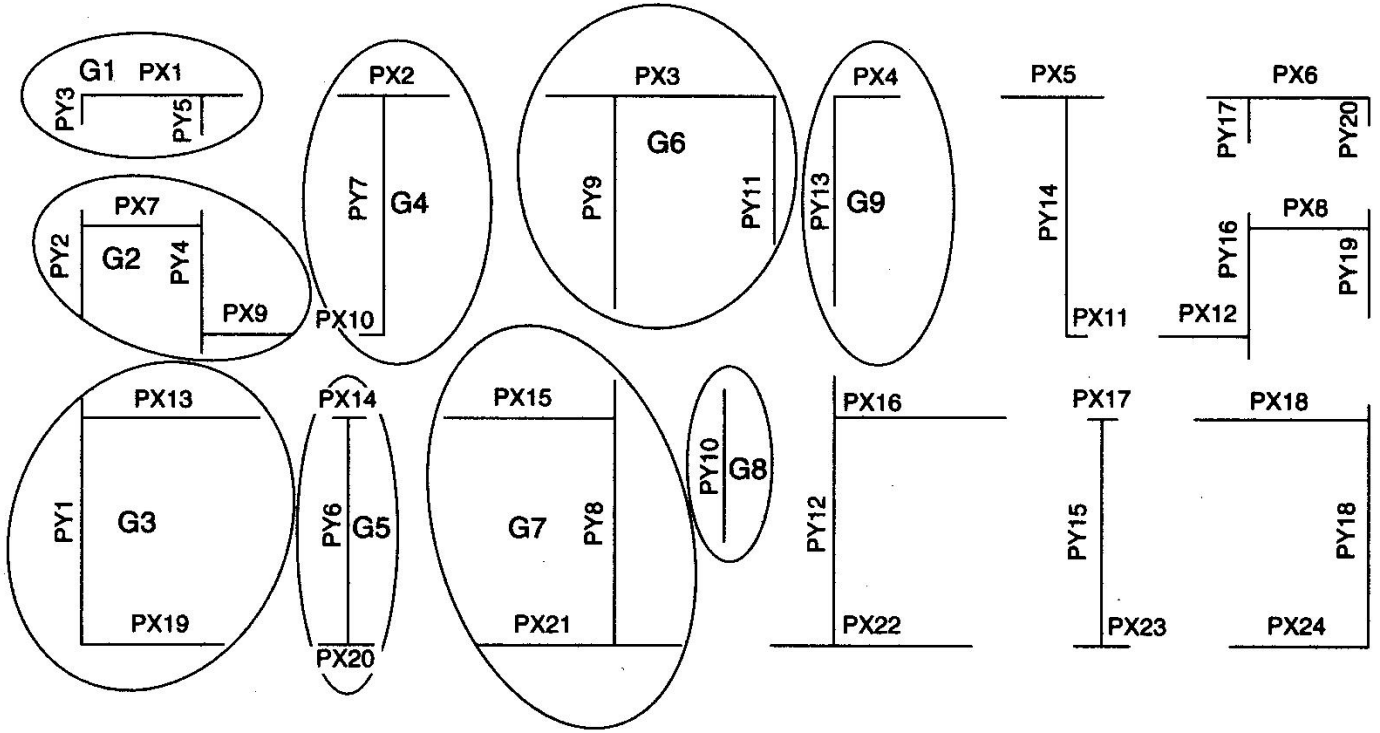
Laje	Características geométricas			Cargas (kN/m^2)				
	Lx (cm)	Ly (cm)	h (cm)	Sobrecarga	Revest.	Peso próprio	Alv. não-estrutural	Carga total
Mesa de motores	195	188	10	5,5	1,0	2,5	0,0	10,0
Tampa da caixa	270	690	8	0,5	1,0	2,0	0,0	3,5
Fundo da caixa	270	690	10	14,0	1,0	2,5	0,5	18,0

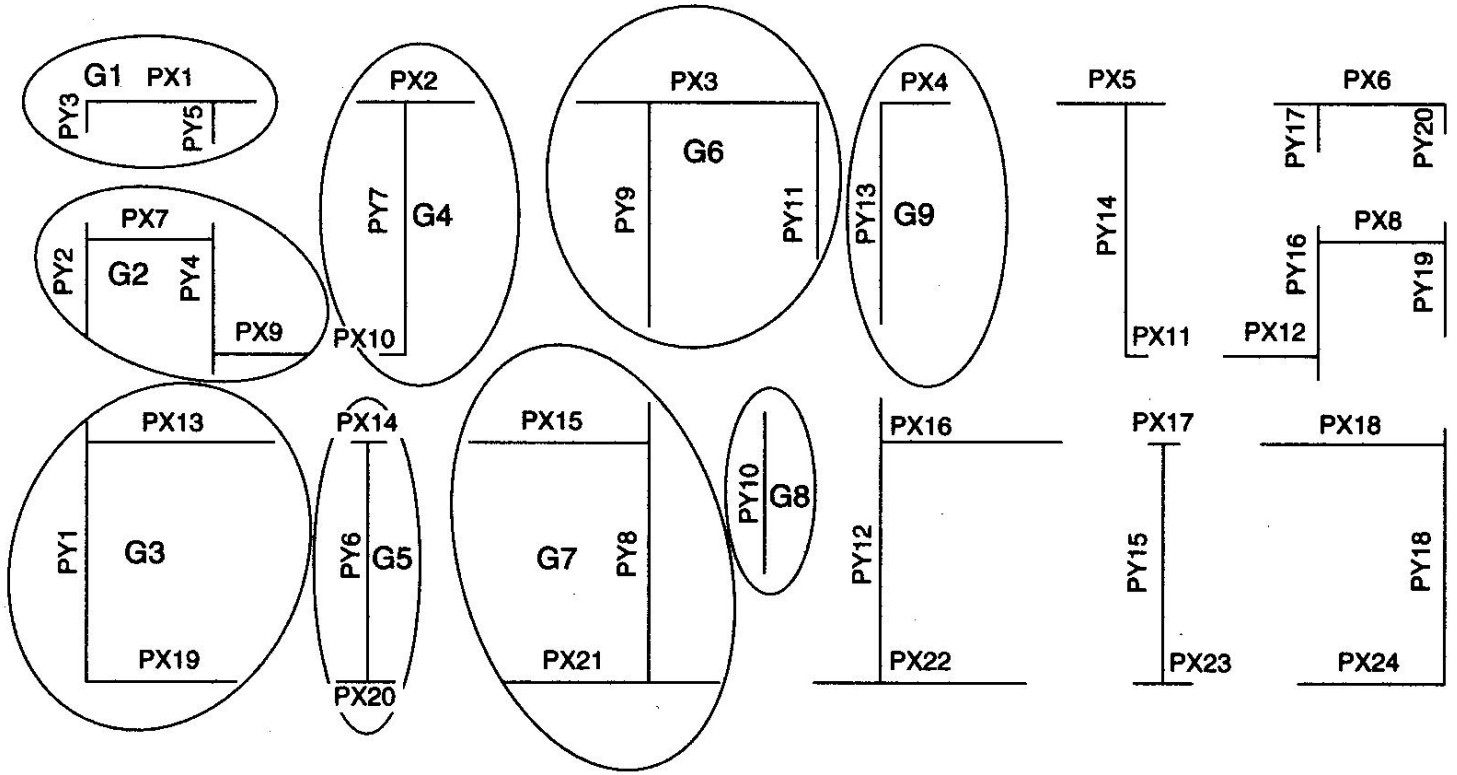
Carregamento total devido ao ático (kN/m):



Grupos “Isolados de Paredes” e resultantes verticais:

Grupo	Paredes do grupo	Comprimento (m)	Área (m^2)	Carga vertical ático (kN)	Carga vertical tipo/cobertura (kN)
1	PX1, PY3, PY5	2,91	0,407	0,00	33,73
2	PX7, PX9, PY2, PY4	5,75	0,805	0,00	69,47
3	PX13, PX19, PY1	6,96	0,974	0,00	80,63
4	PX2, PX10, PY7	4,56	0,638	0,00	66,90
5	PX14, PX20, PY6	4,03	0,564	0,00	65,63
6	PX3, PY9, PY11	7,27	1,018	203,74	70,94
7	PX15, PX21, PY8	8,08	1,131	191,80	107,54
8	PY10	1,96	0,274	0,00	20,49
9	PX4, PY13	3,44	0,482	214,82	49,06



Cargas verticais acumuladas em cada grupo (kN):

Grupo	Cobertura	7º Pav.	6º Pav.	5º Pav.	4º Pav.	3º Pav.	2º Pav.	1º Pav.
1	3,10	33,73	67,45	101,18	134,91	168,63	202,36	236,09
2	1,35	69,47	138,95	208,42	277,90	347,37	416,84	486,32
3	2,25	80,63	161,27	241,90	322,53	403,17	483,80	564,44
4	3,10	66,90	133,80	200,70	267,59	334,49	401,39	468,29
5	0,67	65,63	131,25	196,88	262,51	328,13	393,76	459,39
6	0,67	274,68	345,61	416,55	487,49	558,43	629,36	700,30
7	0,47	299,35	406,89	514,43	621,97	729,52	837,06	944,60
8	3,10	20,49	40,97	61,46	81,94	102,43	122,92	143,40
9	3,60	263,88	312,94	362,00	411,06	460,12	509,18	558,24