



Curso Online

PROJETO DE EDIFICOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

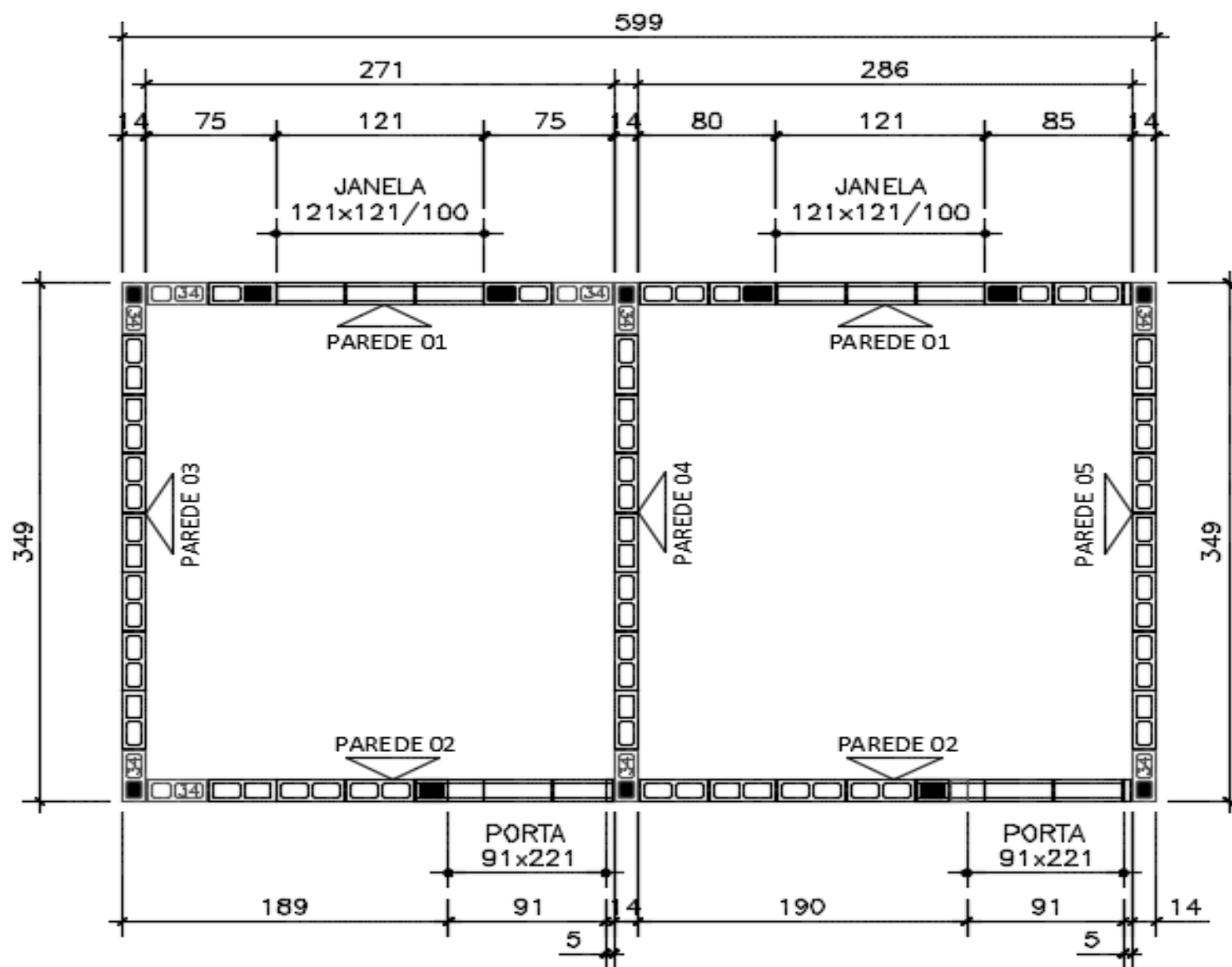
Prof. Esp. Rangel Costa Lage

www.efct-cursos.com.br

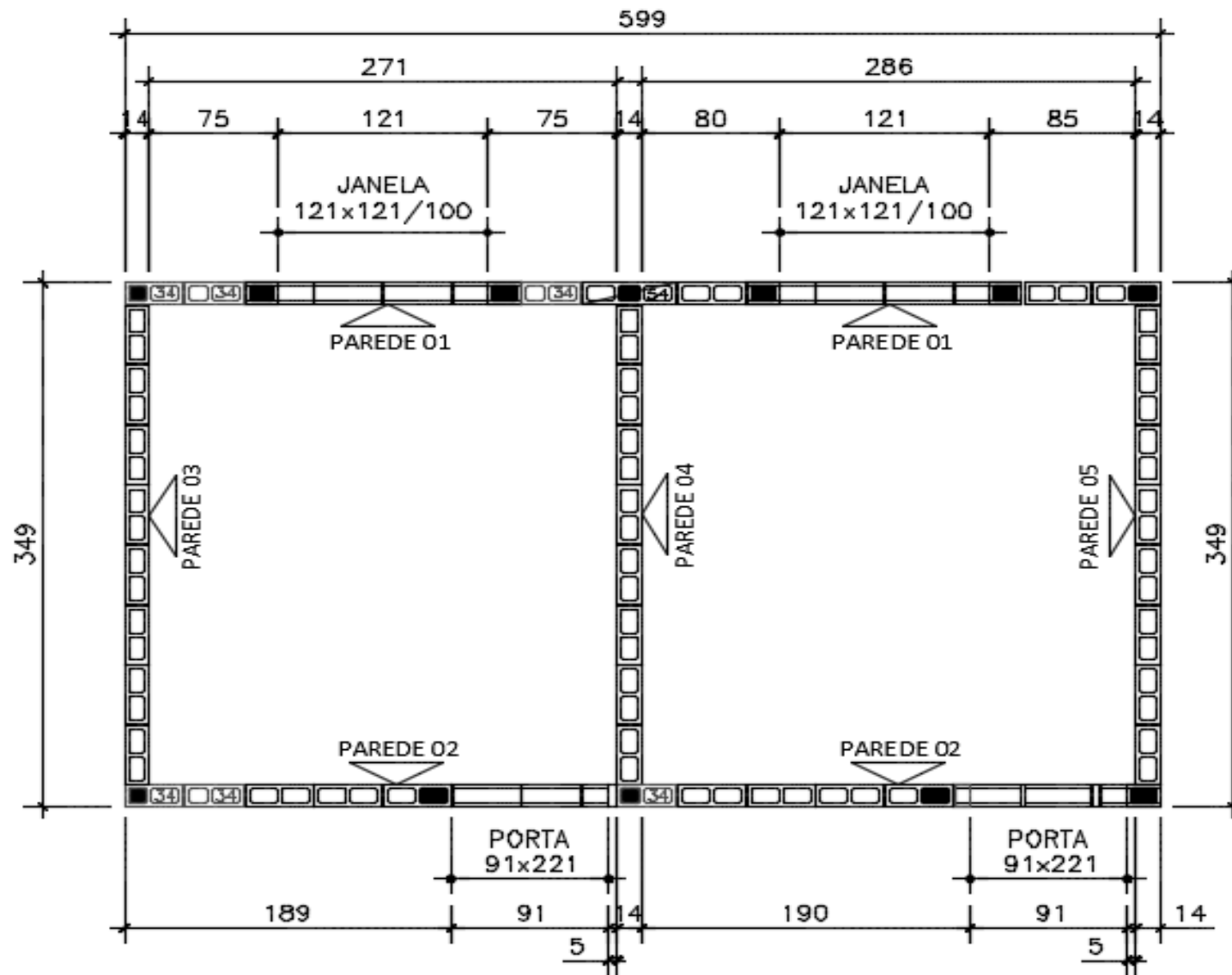
AULA 03

Análise Estrutural para as **Cargas Verticais**

Exemplo 01 – Modulação – 1ª FIADA



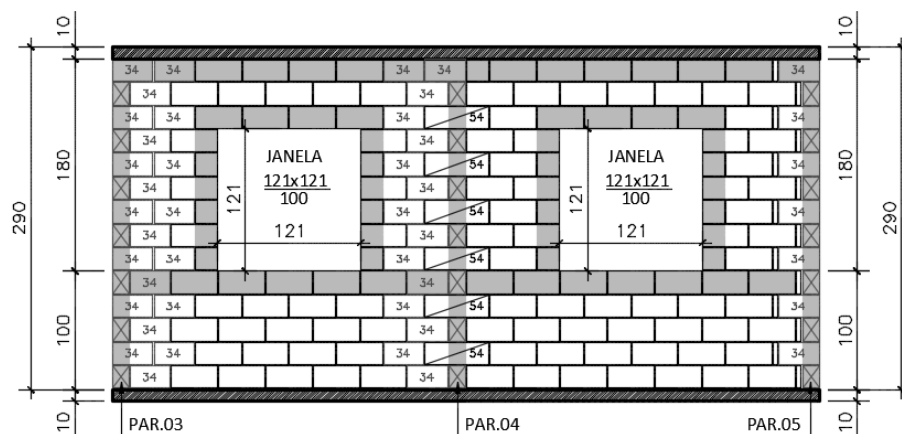
Exemplo 01 – Modulação – 2ª FIADA



Exemplo 01 – Elevações

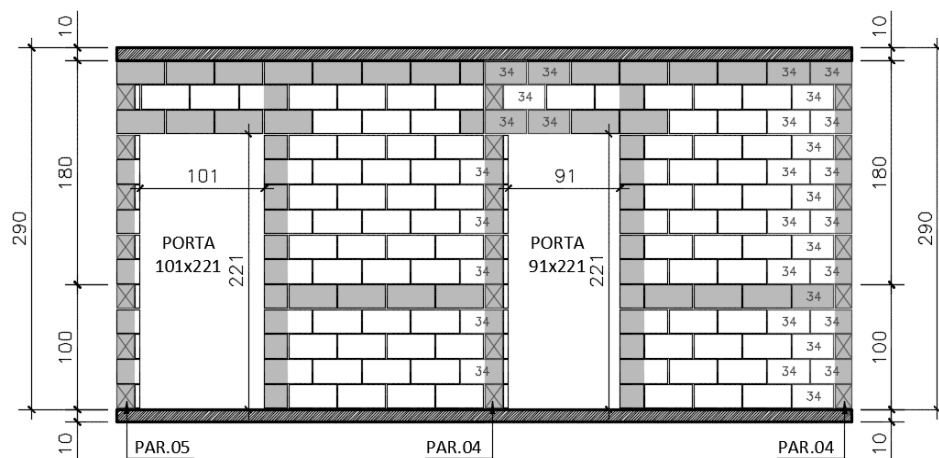
PAREDE 01

ESCALA 1:50



PAREDE 02

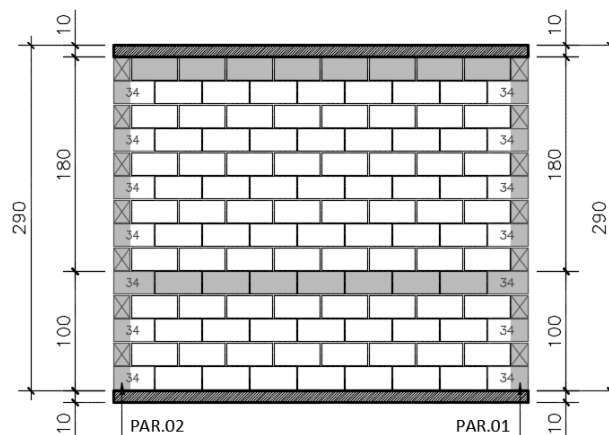
ESCALA 1:50



Exemplo 01 – Elevações

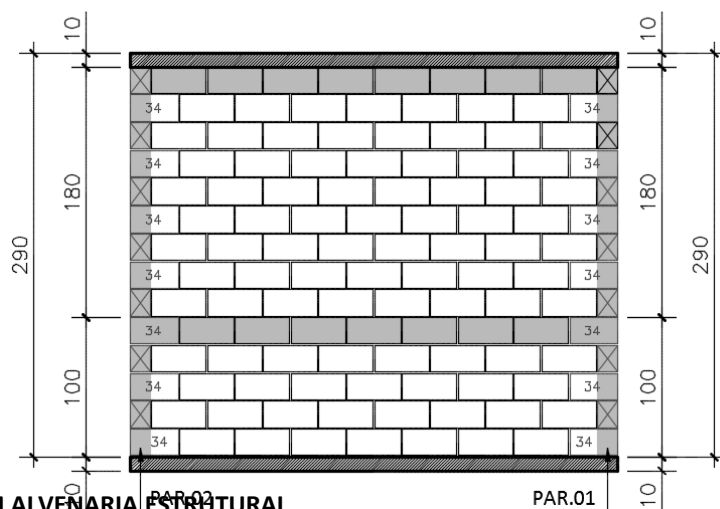
PAREDE 03

ESCALA 1:50



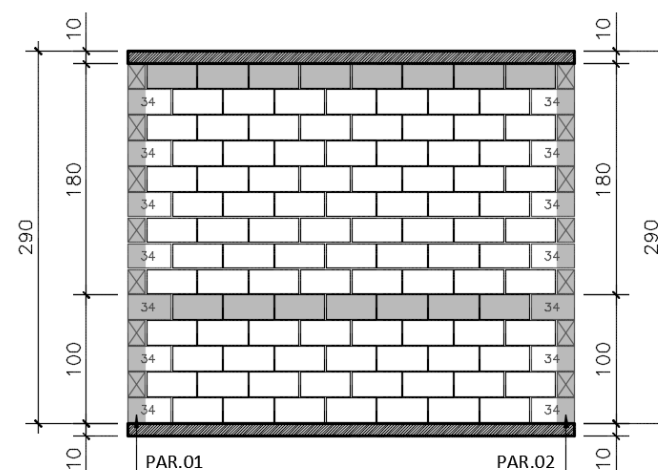
PAREDE 04

ESCALA 1:50

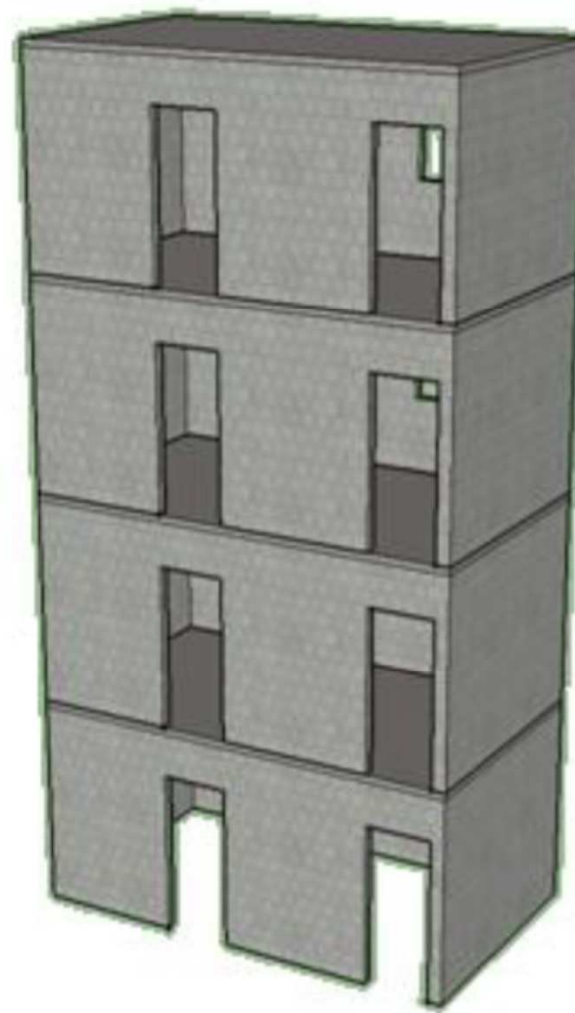
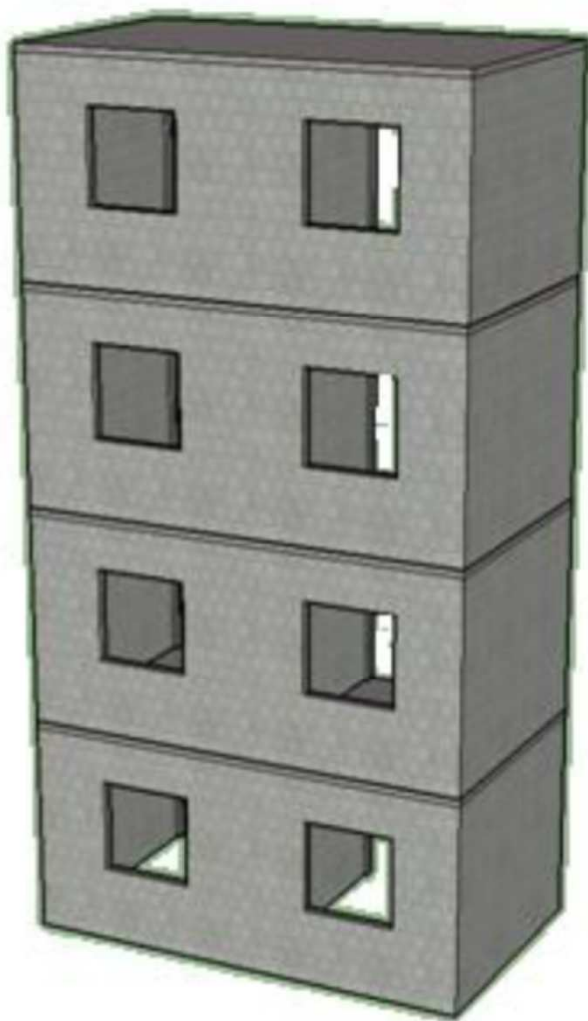


PAREDE 05

ESCALA 1:50



Exemplo 01 – 3D





Exemplo 01 – Dados do edifício

- **Tipo de ocupação:**
 - Edifício residencial.
- **Número de pavimento:**
 - 4 pavimentos, sendo:
 - 1 pavimento térreo;
 - 3 pavimentos tipo.

Localização: Campinas - SP (trecho urbano).

- **Laje:**
 - Tipo maciça com espessura de 10 cm.

Pé-direito:

- Pavimento térreo: 2,90 m (14 fiadas+laje);
- Pavimento tipo: 2,90 m (14 fiadas+laje).

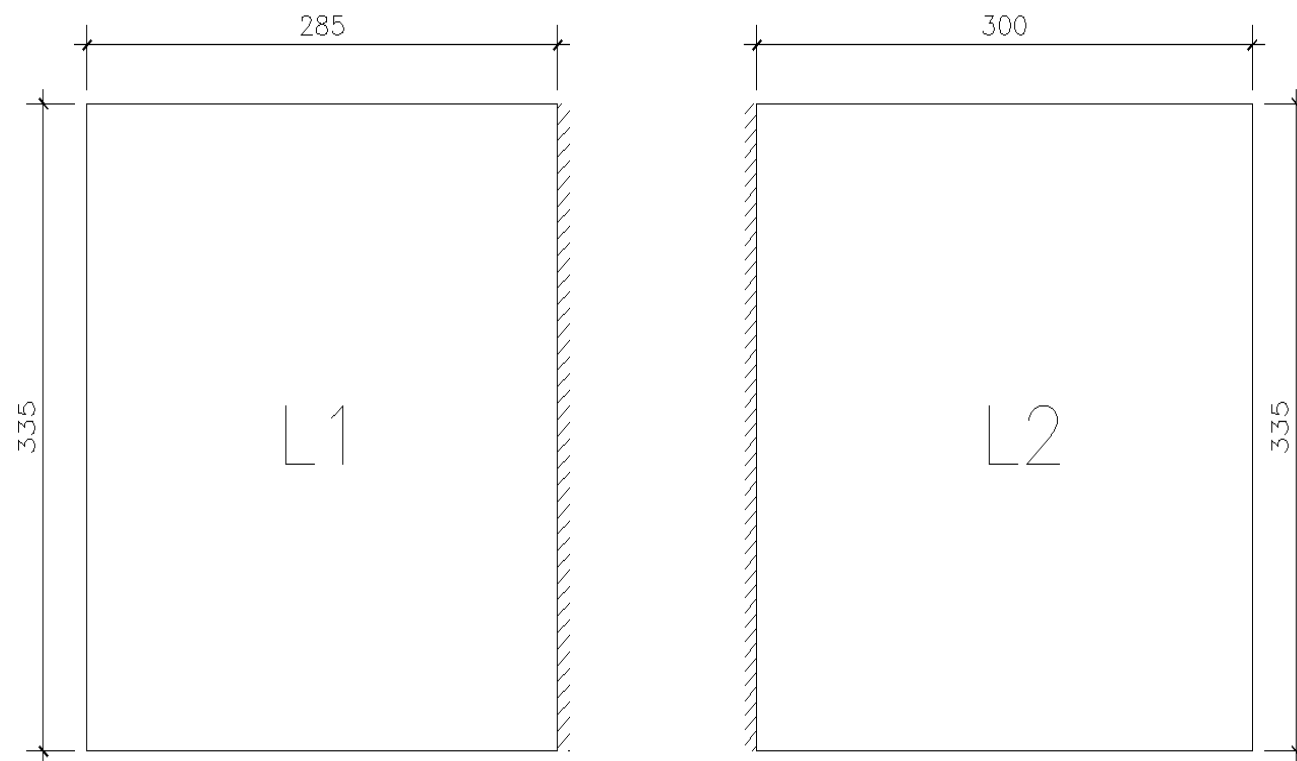
Exemplo 01 – Dados do edifício

- **Família de blocos:**
 - 15x40.
- **Tipo de bloco:**
 - Bloco vazado de concreto;
- **Peso específico do concreto :**
$$\gamma_{concreto} = 25 \text{ kN/m}^3$$
- **Peso próprio da parede de revestida:**
$$\gamma_{parede} = 15 \text{ kN/m}^3$$
- **Relação entre prisma e bloco de concreto::**
$$\frac{f_{pk}}{f_{bk}} = 0,70$$

Exemplo 01 – Laje – esquema estático

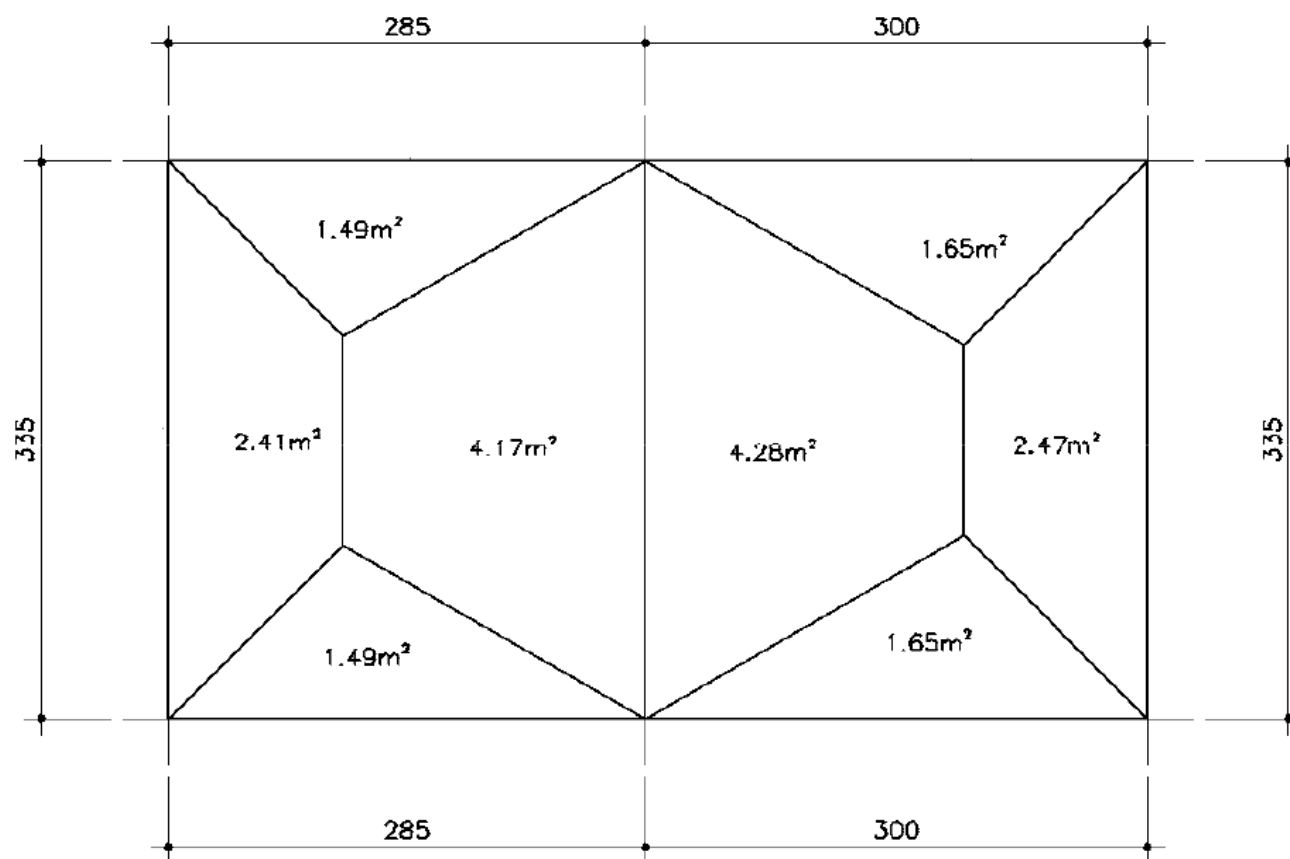
Além de transmitir os carregamentos verticais, as lajes também atuam como um **diafragma-rígido**, enrijecendo a estrutura do edifício e contribuindo na sua estabilidade global.

Na Figura abaixo é possível observar o esquema estático e os vãos teóricos em cada laje do pavimento tipo do projeto modelo



Exemplo 01 – Laje – área de influência

Na Figura abaixo estão apresentadas as áreas de influência que darão origem as reações de apoio nas paredes nas bordas da laje.



Exemplo 01 – Laje – cálculo das reações

Carga das lajes:

As principais cargas que atuam nas lajes dos edifícios residenciais são divididas em dois grupos: **permanentes e acidentais**.

No grupo das cargas permanentes estão presentes o **peso próprio** e os revestimentos da laje, pesos de paredes sobre a lajes e elementos fixos ou permanentes.

As acidentais por sua vez, são aquelas que atuam sobre a estrutura da edificação em função do seu uso, de acordo com a norma **NBR6120**.

Exemplo 01 – Laje – cálculo das reações

Carga das lajes:

Peso próprio :

$$pp_{laje} = \gamma_{concreto} \times 10cm = 2,5 \text{ kN/m}^2$$

Revestimento :

$$revest = 1 \text{ kN/m}^2$$

Carga permanente :

$$perm = 3,5 \text{ kN/m}^2 \quad (pp + revest)$$

Carga accidental :

$$acid = 2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{NBR6120})$$

Carga total :

$$Carga da laje = 5,5 \text{ kN/m}^2$$

Exemplo 01 – Laje – cálculo das reações

Reações nas paredes:

$$R_i = \frac{q \times A_{infl.}}{L_{apoio}}$$

onde:

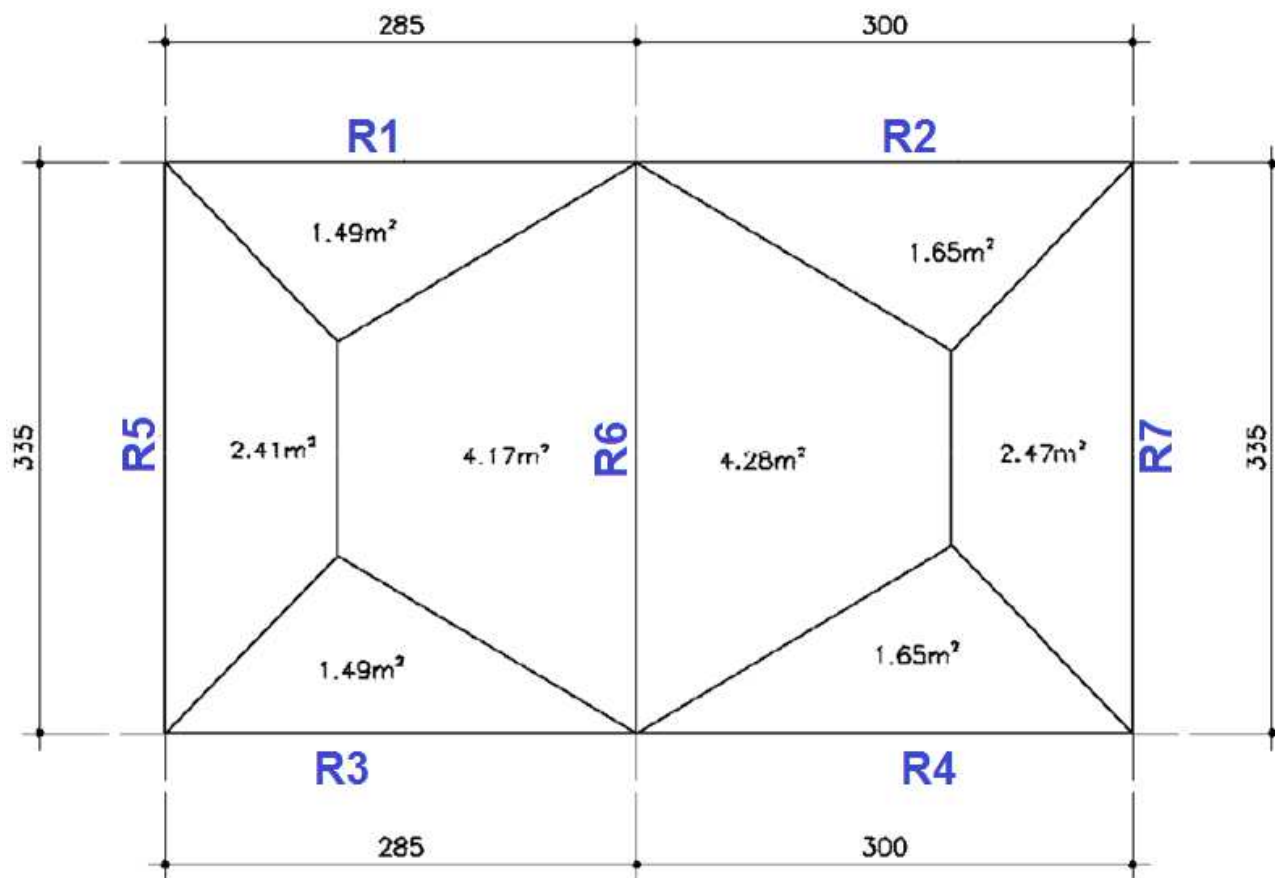
R_i : reação de apoio distribuída ao longo do bordo i ;

q : carregamento vertical atuante na laje (acidental ou permanente);

$A_{infl.}$: área de influência na laje para a reação de apoio;

L_{apoio} : comprimento do apoio.

Exemplo 01 – Laje – cálculo das reações



Exemplo 01 – Laje – cálculo das reações

- Permanente** $q_{perm} := 3.50 \frac{kN}{m^2}$

$$R1_{perm} := q_{perm} \cdot \frac{(1.49m^2)}{(2.85m)} = 1.83 \frac{kN}{m}$$

$$R2_{perm} := q_{perm} \cdot \frac{(1.65m^2)}{(3.00m)} = 1.92 \frac{kN}{m}$$

$$R3_{perm} := q_{perm} \cdot \frac{(1.49m^2)}{(2.85m)} = 1.83 \frac{kN}{m}$$

$$R4_{perm} := q_{perm} \cdot \frac{(1.65m^2)}{(3.00m)} = 1.92 \frac{kN}{m}$$

$$R5_{perm} := q_{perm} \cdot \frac{(2.41m^2)}{(3.35m)} = 2.52 \frac{kN}{m}$$

$$R6_{perm} := q_{perm} \cdot \frac{(8.45m^2)}{(3.35m)} = 8.83 \frac{kN}{m}$$

$$R7_{perm} := q_{perm} \cdot \frac{(2.47m^2)}{(3.35m)} = 2.58 \frac{kN}{m}$$

- Acidental** $q_{acid} := 2.00 \frac{kN}{m^2}$

$$R1_{acid} := q_{acid} \cdot \frac{(1.49m^2)}{(2.85m)} = 1.05 \frac{kN}{m}$$

$$R2_{acid} := q_{acid} \cdot \frac{(1.65m^2)}{(3.00m)} = 1.1 \frac{kN}{m}$$

$$R3_{acid} := q_{acid} \cdot \frac{(1.49m^2)}{(2.85m)} = 1.05 \frac{kN}{m}$$

$$R4_{acid} := q_{acid} \cdot \frac{(1.65m^2)}{(3.00m)} = 1.1 \frac{kN}{m}$$

$$R5_{acid} := q_{acid} \cdot \frac{(2.41m^2)}{(3.35m)} = 1.44 \frac{kN}{m}$$

$$R6_{acid} := q_{acid} \cdot \frac{(8.45m^2)}{(3.35m)} = 5.04 \frac{kN}{m}$$

$$R7_{acid} := q_{acid} \cdot \frac{(2.47m^2)}{(3.35m)} = 1.47 \frac{kN}{m}$$

Exemplo 01 – Espessura efetiva

$$t_{ef} = \delta \cdot t_{pa}$$

Onde:

t_e , espessura efetiva da parede;

δ , coeficiente obtido através da Tabela 8.1 e Figura 8.1;

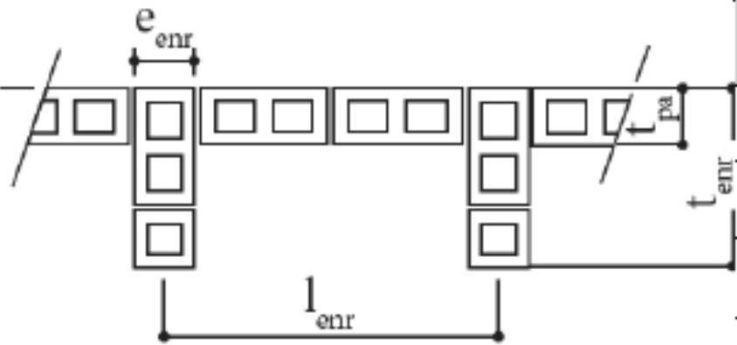
t_{pa} , espessura da parede na região entre enrijecedores.

Neste exemplo:

$$t_{ef} = 14 \text{ cm}$$

Exemplo 01 – Espessura efetiva

Tabela 3.2.1 - Espessura efetiva: coeficiente δ .

	$\frac{l_{enr}}{e_{enr}}$	$\frac{t_{enr}}{t_{pa}} = 1$	$\frac{t_{enr}}{t_{pa}} = 2$	$\frac{t_{enr}}{t_{pa}} = 3$
	6	1,0	1,4	2,0
	8	1,0	1,3	1,7
	10	1,0	1,2	1,4
	15	1,0	1,1	1,2
	20 ou mais	1,0	1,0	1,0

onde:

l_{enr} : espaçamento entre os eixos de enrijecedores adjacentes;

e_{enr} : espessura dos enrijecedores;

t_{enr} : comprimento dos enrijecedores;

Obs.: interpolar para os valores intermediários

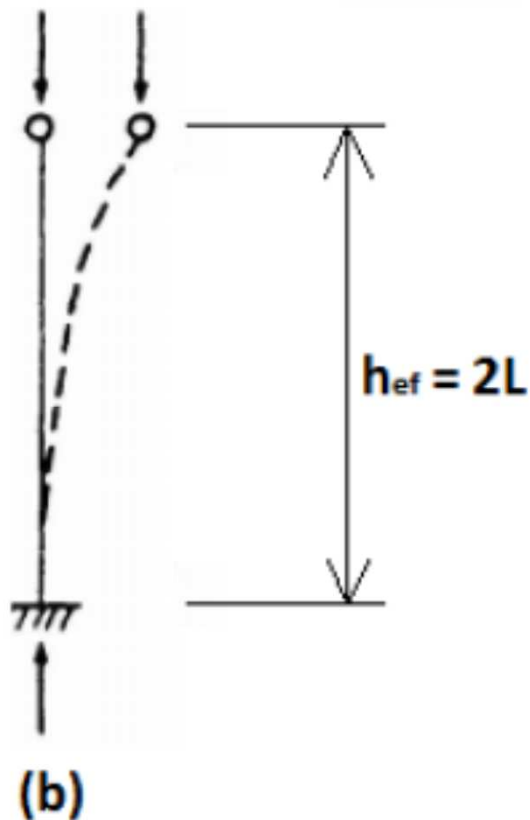
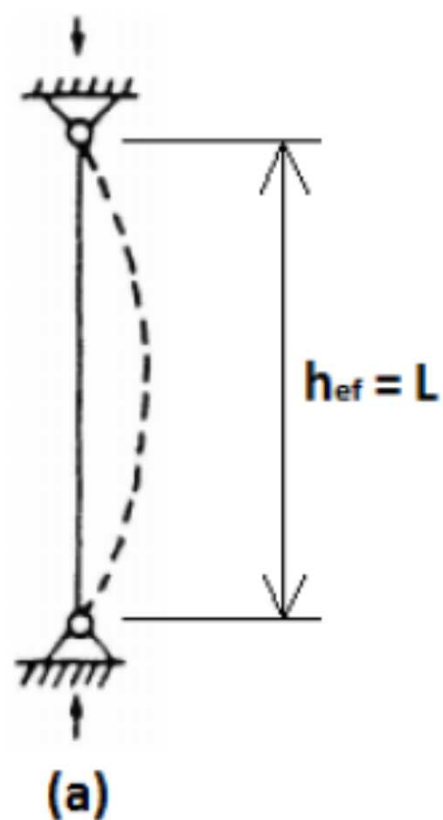
Exemplo 01 – Altura efetiva

A altura efetiva de parede em cada uma das duas direções pode ser considerado igual:

- a) A altura do pé-direito descontando a espessura das lajes, caso ocorram travamentos que restrinjam os movimentos horizontais ou as rotações das suas extremidades na direção considerada, ilustrado na Figura a;**

- b) ao dobro da altura, se uma extremidade for livre e se houver travamento que restrinja o deslocamento horizontal e a rotação na outra extremidade na direção considerada, ilustrado na Figura b.**

Exemplo 01 – Altura efetiva



Neste exemplo:

$$h_{ef} = 2,80 \text{ m}$$

Exemplo 01 – Índice de esbeltez

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_e}$$

Não armados	24
Armados	30

Valores máximos do índice de esbeltez para paredes e pilares

Exemplo 01 – Índice de esbeltez

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_e}$$

Não armados	24
Armados	30

Valores máximos do índice de esbeltez para paredes e pilares

Neste exemplo:

$$\lambda = \frac{2,80 \text{ m}}{0,14 \text{ m}} = 20,0$$

Exemplo 01 – Compressão simples

$$f_k = 0,70 \times f_{pk}$$

onde:

f_k , resistência à compressão da parede;
 f_{pk} , resistência à compressão do prisma.

Exemplo 01 – Compressão simples

A resistência à compressão é verificada por:

$$\frac{\gamma_f \times N_k}{A} \leq \left\{ \frac{1,0 \text{ parede}}{0,9 \text{ pilares}} \right\} \times \frac{0,7 \cdot f_{pk}}{\gamma_m} \times \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 \times t_{ef}} \right)^3 \right]$$

γ_m , γ_f , coeficientes de ponderação das ações e das resistências;

N_k , força normal característica;

A , área bruta da seção transversal;

f_{pk} , resistência característica de compressão simples do prisma;

t_{ef} , h_{ef} , espessura e altura efetiva.

Exemplo 01 – Compressão simples

A resistência à compressão é verificada por:

$$R = \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 \times t_{ef}} \right)^3 \right]$$

$$R = \left[1 - \left(\frac{2,80}{40 \times 0,14} \right)^3 \right]$$

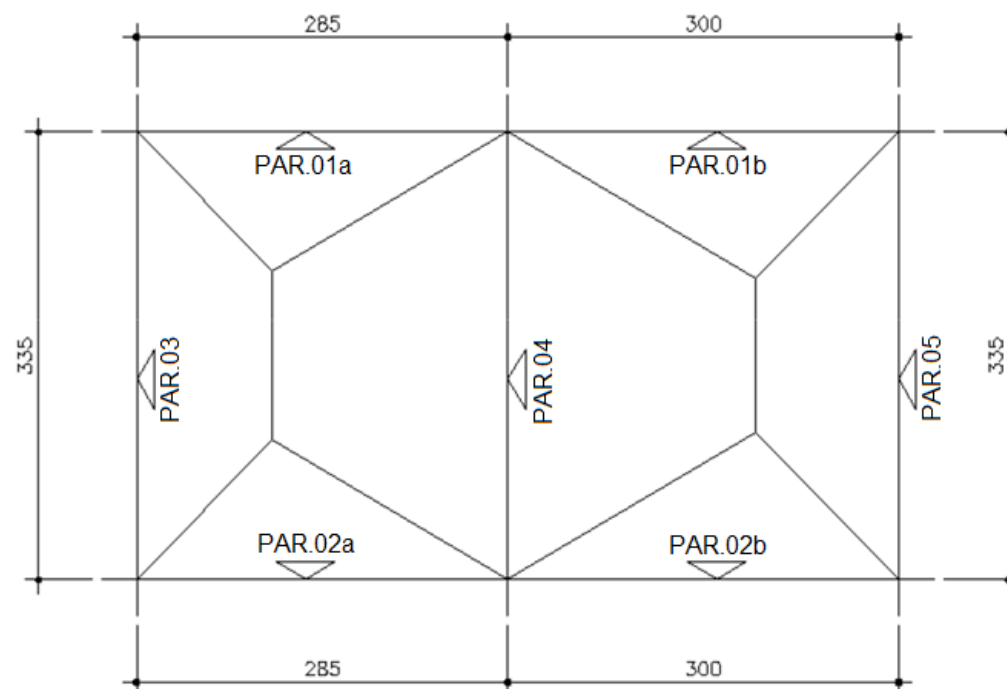
$$R = 0,875$$

R, redutor da resistência devida à esbeltez da parede

Combinações	Alvenaria	Graute	Aço
Normais	2,0	2,0	1,15
Especiais ou de construção	1,5	1,5	1,15
Excepcionais	1,5	1,5	1,00
No caso da aderência entre aço e o graute, ou argamassa que o envolve, deve ser utilizado o valor $\gamma_m = 1,5$.			
Para verificação do ELS deve ser utilizado o valor $\gamma_m = 1,0$.			

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Este procedimento consiste em considerar cada parede como um elemento **independente**, **não** interagindo com os demais elementos da estrutura.



Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

i. Dados da parede PAR.01a

Comprimento: $L_{PAR.01a} = 2,85 \text{ m};$

Altura: $h_{PAR01.a} = 2,80 \text{ m};$

Espessura da parede: $e_{par} = 0,15 \text{ m};$

Peso específico da parede: $\gamma_{par} = 15 \text{ kN/m}^3;$

Espessura do bloco: $e_{bloco} = 0,14 \text{ m};$

Graute: $\gamma_{graute} = 25 \text{ kN/m}^3.$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

ii. Dados da abertura na parede PAR.01a (janela)

Comprimento: $L_{jan} = 1,21m$;

Altura: $H_{jan} = 1,21m$;

iii. Carga total da parede

Peso próprio (permanente)

$$P_{próp.} = (\gamma_{par} \times L_{par.1} \times H_{par} \times e_{par}) - (\gamma_{par} \times L_{jan} \times H_{jan} \times e_{par})$$

$$P_{próp.} = (15 \times 2,85 \times 2,80 \times 0,15) - (15 \times 1,21 \times 1,21 \times 0,15) = 14,66 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Reação da laje (permanente)

$$R_{G,laje} = (R1_{perm}) \times L_{par.1}$$

$$R_{G,laje} = (1,83) \times 2,85 = 5,22 \text{ kN}$$

Reação da laje (acidental)

$$R_{Q,laje} = (R1_{acid}) \times L_{par.1}$$

$$R_{Q,laje} = (1,05) \times 2,85 = 2,99 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Tabela 3.5.1.1 - Número de blocos grauteados na parede PAR.01a.















Quantidade de blocos						
Bloco 39	Bloco 34	Bloco 54	Bloco 19	Canaleta		
Meio	Meio	1/3	Inteiro	39	34	19
						
6	6	6	6	13	6	0

Tabela 3.5.1.2 - Volume de vazios nos blocos em cm³.

Volume de vazios (cm³)						
Bloco 39	Bloco 34	Bloco 54	Bloco 19	Canaleta		
Meio	Meio	1/3	Inteiro	39	34	19
						
2655,3	1800,3	2099,5	2356,0	5791,5	5049,0	2821,5

$$P_{graute} = \gamma_{graute} \left[\sum (n_{bloco} \times Vol_{vazios, bloco}) \right]$$

$$P_{graute} = \frac{25}{10^6} \times [(6 \times 2655,3) + (6 \times 1800,3) + (6 \times 2099,5) + (6 \times 2356) + (13 \times 5791,5) + (6 \times 5049) + (0 \times 2821,5)]$$

$$P_{graute} = 3,97 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Carregamento permanente:

$$Carga_{G,pavimento} = P_{próp.} + P_{G,laje} + P_{graute}$$

$$Carga_{G,pavimento} = 14,66 + 5,22 + 3,97 = 23,85 \text{ kN/pav.}$$

$$Carga_{G,total} = n_{pavimentos} \times Carga_{G,pavimento}$$

$$Carga_{G,total} = 4 \times 23,85 = 95,4 \text{ kN}$$

Carregamento accidental:

$$Carga_{Q,pavimento} = P_{Q,laje}$$

$$Carga_{Q,pavimento} = 2,99 \text{ kN/pav.}$$

$$Carga_{Q,total} = n_{pavimentos} \times Carga_{Q,pavimento}$$

$$Carga_{Q,total} = 4 \times 2,99 = 11,96 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Carregamento total:

$$Carga_{tot,pavimento} = Carga_{G,pavimento} + Carga_{Q,pavimento}$$

$$Carga_{tot,pavimento} = 23,85 + 2,99 = 26,84 \text{ kN/pav.}$$

$$Carga_{total} = n_{pavimentos} \times Carga_{tot,pavimento}$$

$$Carga_{total} = 4 \times 26,84 = 107,36 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

iv. Resistência mínima da parede

$$\frac{\gamma_f \times N_k}{A} \leq \left\{ \frac{1,0 \text{ parede}}{0,9 \text{ pilares}} \right\} \times \frac{0,7 \cdot f_{pk}}{\gamma_m} \times \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 \times t_{ef}} \right)^3 \right]$$

Ao reescrever a equação da resistência à compressão simples em função da resistência da parede, temos:

$$f_k = \frac{\gamma_f \times \gamma_m \times N_k}{1,0 \times L_{par.1} \times e_{bloco} \times R}$$

onde:

$R = 0,875$ (coeficiente redutor devido à esbeltez);

$N_k = Carga_{total}$.

$$f_k = \frac{1,4 \times 2,0 \times 107,36}{1,0 \times 2,85 \times 0,14 \times 0,875} = 861,03 \text{ kN/m}^2$$

$$f_k = 0,0861 \text{ kN/cm}^2$$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

v. Resistência mínima do prisma

$$f_{pk} = \frac{f_k}{0,7} = 0,123 \text{ kN/cm}^2$$

vi. Resistência mínima do bloco

$$f_{bk} = \frac{f_{pk}}{0,8} = 0,154 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{bk} = 1,54 \text{ MPa}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Este resultado de resistência é muito inferior ao mínimo de **4,0 MPa** comercializado e que também é o mínimo de resistência exigido pela norma para blocos de concreto de alvenaria estrutural (classe de bloco B).

Como o resultado de fbk da parede PAR.01a é diferente das demais paredes, e se utiliza apenas um tipo de bloco no pavimento, escolhe-se aquele que atende o **maior** valor de resistência necessária.

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

H (m)	2,80	Graute (kN/m ³)	25,00
e _{par.} (m)	0,15	V _{parede} (kN/m ³)	15,00
e _{bloco} (m)	0,14	n _{pavimentos}	4,00

Carga Permanente (G)										
Parede	Compr. (m)	P.P alvenaria por pav. (kN)	Reação laje (kN/m)	Reação laje (kN)	Graute (kN)	Carga pav. s/ abertura (kN)	Abertura		Carga pav. c/ abertura (kN)	Carga Total (kN)
							Área (m ²)	Carga (kN)		
PAR.01a	2,85	17,96	1,83	5,22	3,98	27,15	1,46	3,29	23,85	95,41
PAR.01b	3,00	18,90	1,92	5,76	3,68	28,34	1,46	3,29	25,05	100,18
PAR.02a	2,85	17,96	1,83	5,22	2,96	26,13	2,00	4,50	21,63	86,52
PAR.02b	3,00	18,90	1,92	5,76	3,14	27,80	2,00	4,50	23,30	93,20
PAR.03	3,35	21,11	2,52	8,44	2,70	32,25	0,00	0,00	32,25	129,00
PAR.04	3,35	21,11	8,83	29,58	2,96	53,65	0,00	0,00	53,65	214,60
PAR.05	3,35	21,11	2,58	8,64	2,96	32,71	0,00	0,00	32,71	130,85

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Carga Acidental (Q)				
Parede	Compr. (m)	Reação laje (kN/m)	Reação laje (kN)	Carga Total (kN)
PAR.01a	2,85	1,05	2,99	11,97
PAR.01b	3,00	1,10	3,30	13,20
PAR.02a	2,85	1,05	2,99	11,97
PAR.02b	3,00	1,10	3,30	13,20
PAR.03	3,35	1,44	4,82	19,30
PAR.04	3,35	5,04	16,88	67,54
PAR.05	3,35	1,47	4,92	19,70

Carga Total (G + Q)					
Parede	Compr. (m)	Cargas (kN)		Carga do pavimento (kN)	Carga Total (kN)
		Permanente (kN)	Acidental (kN)		
PAR.01a	2,85	23,85	2,99	26,85	107,38
PAR.01b	3,00	25,05	3,30	28,35	113,38
PAR.02a	2,85	21,63	2,99	24,62	98,49
PAR.02b	3,00	23,30	3,30	26,60	106,40
PAR.03	3,35	32,25	4,82	37,07	148,30
PAR.04	3,35	53,65	16,88	70,53	282,14
PAR.05	3,35	32,71	4,92	37,64	150,55

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

Resistência à compressão no pavimento térreo.

R	0,875					
Parede	Compr. (cm)	Carga Total (kN)	f_k (kN/cm²)	f_{pk} (kN/cm²)	f_{bk} (kN/cm²)	Bloco (MPa)
PAR.01a	285	107,38	0,0861	0,1230	0,154	1,54
PAR.01b	300	113,38	0,0864	0,1234	0,154	1,54
PAR.02a	285	98,49	0,0790	0,1128	0,141	1,41
PAR.02b	300	106,40	0,0811	0,1158	0,145	1,45
PAR.03	335	148,30	0,1012	0,1445	0,181	1,81
PAR.04	335	282,14	0,1925	0,2750	0,344	3,44
PAR.05	335	150,55	0,1027	0,1467	0,183	1,83

Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

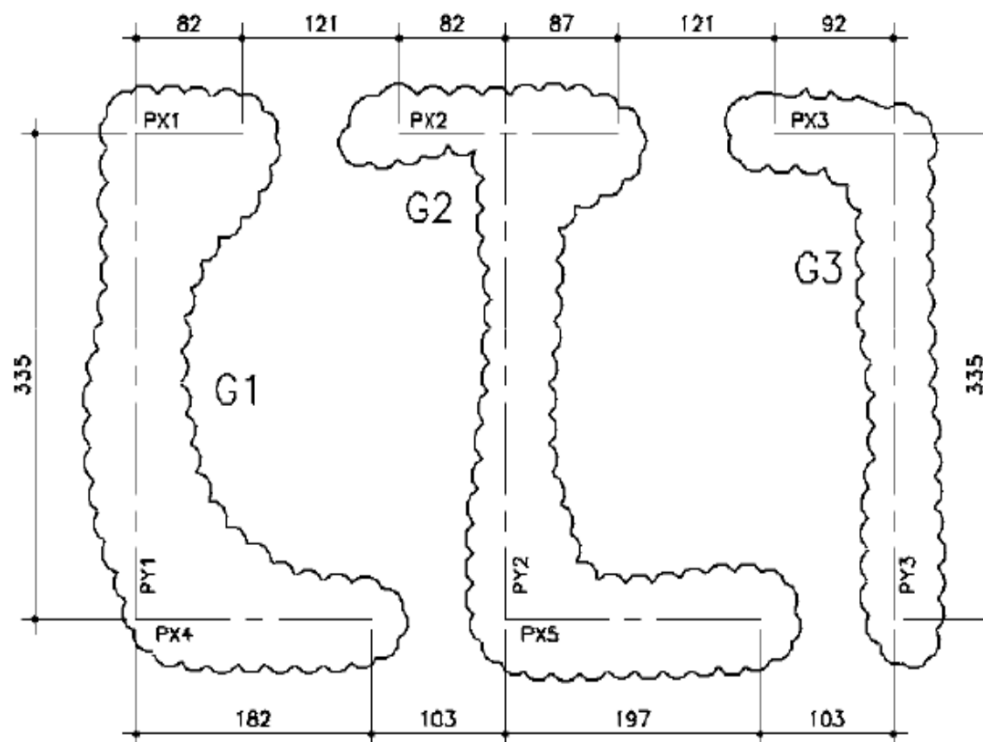
A situação crítica quanto à resistência da parede, de acordo com a Tabela do slide anterior, ocorre na parede **PAR.04**, portanto, esta será a que determinará a **resistência do bloco** no pavimento.

Como resultado deste método de dimensionamento, nota-se também que a tensão nas demais paredes são muito menores que a tensão da parede **PAR.04**, indicativo da não interação entre paredes adjacentes.

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Um grupo é um conjunto de paredes que são supostas totalmente solidárias.

Geralmente, os limites dos grupos são as aberturas, portas e janelas.



Exemplo 01 – Compressão simples – PAREDES ISOLADAS

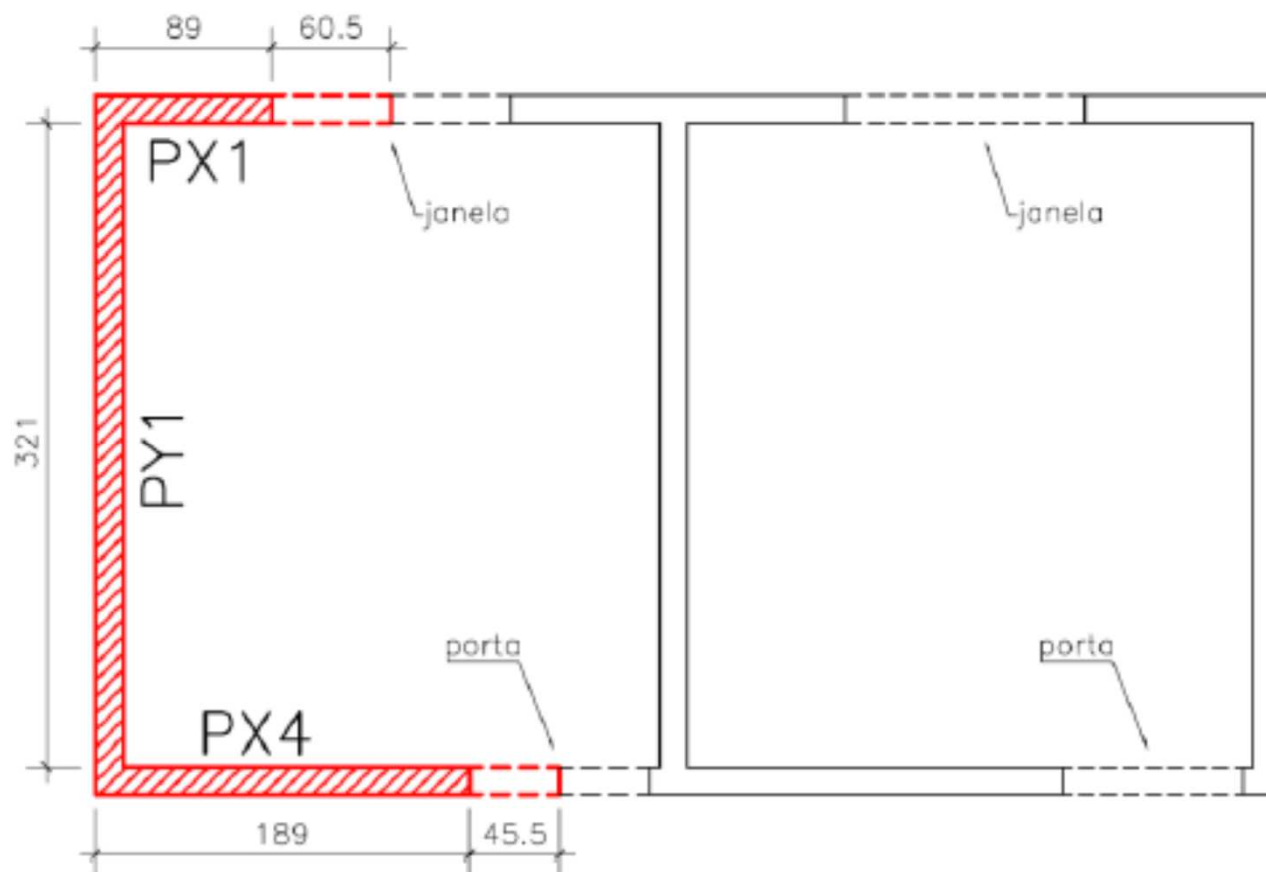
Neste procedimento consideram-se as cargas totalmente uniformizadas em cada grupo de paredes.

Isso significa que as forças de interação em canto e bordas são consideradas suficientes para garantir um espalhamento e uma uniformização total em uma pequena altura.

Em edifícios sem excessivo número de aberturas (janelas e portas), este método apresenta resultados melhores em termos de distribuição da tensão, quando comparado o método das paredes isoladas.

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Representação dos trechos pertencentes ao grupo G1



Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

i. Trecho sem abertura

$$L_{parede} = PX1 + PY1 + PX4$$

$$L_{parede} = 89 + 321 + 189 = 599 \text{ cm}$$

$$P_{próp.} = \gamma_{par} \times h_{par} \times L_{par} \times e_{par.}$$

$$P_{próp.} = 15 \times 2,80 \times 5,99 \times 0,15 = 37,74 \text{ kN}$$

$$Reação_{G,laje} = (R1_{perm} \times PX1) + (R5_{perm} \times PY1) + (R3_{perm} \times PX4)$$

$$Reação_{G,laje} = (1,83 \times 0,89) + (2,52 \times 3,21) + (1,83 \times 1,89)$$

$$Reação_{G,laje} = 13,18 \text{ kN}$$

$$Total_{s/abertura} = P_{próp.} + Reação_{G,laje}$$

$$Total_{s/abertura} = 37,74 + 13,18 = 50,92 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

ii. Trecho com abertura de janela

$$L'_{par} = 60,5 \text{ cm}$$

$$h'_{par} = h_{par} - h_{abertura}$$

$$h'_{parede} = 280 - 121 = 159 \text{ cm}$$

$$P'_{prop.} = \gamma_{par} \times h'_{par} \times L'_{par} \times e_{par.}$$

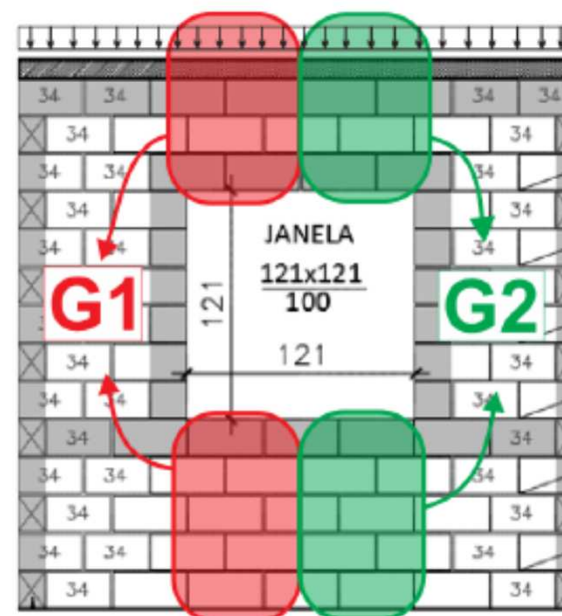
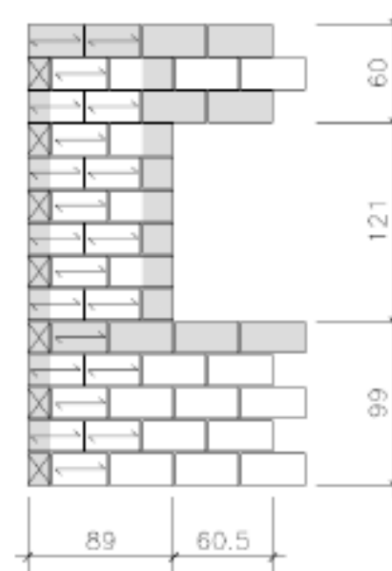
$$P'_{prop.} = 15 \times 1,59 \times 0,605 \times 0,15 = 2,16 \text{ kN}$$

$$Reação'_{G,laje} = L'_{par} \times R1_{perm}$$

$$Reação'_{G,laje} = 0,605 \times 1,83 = 1,11 \text{ kN}$$

$$Total_{janela} = P'_{prop.} + Reação'_{G,laje}$$

$$Total_{janela} = 2,16 + 1,11 = 3,27 \text{ kN}$$



Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

iii. Trecho com abertura de porta

$$L''_{par} = 45,5 \text{ cm}$$

$$h''_{parede} = h_{par} - h_{porta}$$

$$h''_{parede} = 280 - 220 = 60 \text{ cm}$$

$$P''_{prop} = \gamma_{par} \times h''_{par} \times L''_{par} \times e_{par.}$$

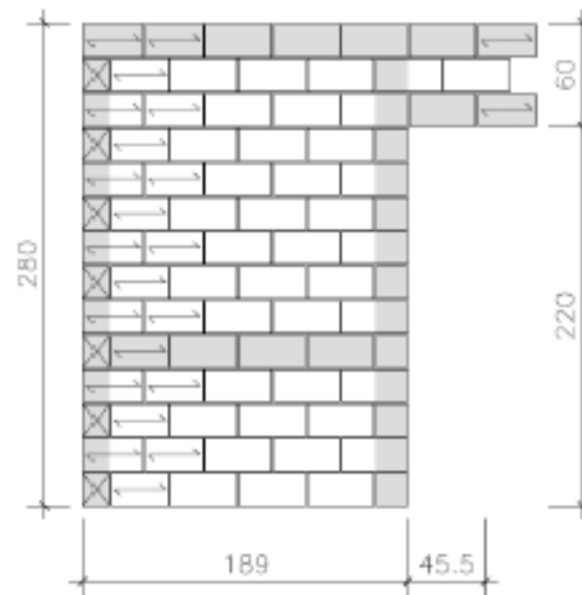
$$P''_{prop.} = 15 \times 0,60 \times 0,455 \times 0,15 = 0,61 \text{ kN}$$

$$Reação''_{G,laje} = L''_{parede} \times R3_{perm}$$

$$Reação''_{G,laje} = 0,455 \times 1,83 = 0,83 \text{ kN}$$








$$Total_{porta} = P''_{prop.} + Reação''_{G,laje}$$

$$Total_{porta} = 0,61 + 0,83 = 1,44 \text{ kN}$$



Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

iv. Graute

Quantidade de blocos no grupo 1							
Trecho	Bloco 39	Bloco 34	Bloco 54	Bloco 19	Canaleta		
	Meio	Meio	1/3	Inteiro	39	34	19
							
PX1	3	6	0	3	6	3	0
PX4	0	12	0	0	15	2	0
PY1	6	6	0	6	9	3	0
SOMA	9	24	0	9	30	8	0

$$P_{graute} = \gamma_{graute} \left[\sum (n_{bloco} \times Vol_{vazios,bloco}) \right]$$

$$P_{graute} = \frac{25}{10^6} \times [(9 \times 2655,3) + (24 \times 1800,3) + (9 \times 2356) + (30 \times 5791,5) + (8 \times 5049)]$$

$$P_{graute} = 7,56 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

v. Carga do grupo G1

Carga total permanente por pavimento:

$$P_{G,G1} = Total_{s/abertura} + Total_{janela} + Total_{porta} + P_{graute}$$

$$P_{G,G1} = 50,92 + 3,27 + 1,44 + 7,56$$

$$P_{G,G1} = 63,19 \text{ kN/pav}$$

Carga total permanente na base:

$$P_{G,tot,G1} = n_{pav} \times P_{G1}$$

$$P_{G,tot,G1} = 4 \times 63,19$$

$$P_{G,tot,G1} = 252,76 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

vi. Carga do grupo G1

Carga total por pavimento:

$$P_{G,G1} = Total_{s/abertura} + Total_{janela} + Total_{porta} + P_{graute}$$

$$P_{G,G1} = 50,92 + 3,27 + 1,44 + 14,61$$

$$P_{G,G1} = 70,24 \text{ kN/pav}$$

Carga total na base:

$$P_{G,tot,G1} = n_{pav} \times P_{G1}$$

$$P_{G,tot,G1} = 4 \times 70,24$$

$$P_{G,tot,G1} = 280,96 \text{ kN}$$

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

H (m)	2,80	γ_{grauete} (kN/m³)	25,00
$e_{\text{par.}}$ (m)	0,15	γ_{parede} (kN/m²)	15,00
e_{bloco} (m)	0,14	$N_{\text{pav.}}$	4,00

Carga permanente (G)										
	Compr. (m)	P.P alvenaria (kN)	Reação laje (kN/m)	Reação laje (kN)	Abertura			Graute (kN)	Total (kN)/pav	Carga total (kN)
					Largura (m)	Altura (m)	Carga (kN)			
G1										
PX1	0,89	5,61	1,83	1,63	1,21	1,21	3,27	1,89	12,40	49,60
PX4	1,89	11,91	1,83	3,46	0,91	2,20	1,45	2,96	19,78	79,11
PY1	3,21	20,22	2,52	8,09				2,70	31,02	124,06
TOTAL	5,99	37,74		13,18			4,72	7,56	63,19	252,77
G2										
PX2-1	0,82	5,17	1,83	1,50	1,21	1,21	3,27	2,08	12,02	48,08
PX2-2	0,87	5,48	1,92	1,67	1,21	1,21	3,33	1,75	12,23	48,91
PX5	1,97	12,41	1,92	3,78	1,03	2,20	3,37	3,14	22,71	90,83
PY2	3,21	20,22	8,83	28,34				2,96	51,53	206,13
TOTAL	6,87	43,28		35,30			9,97	9,94	98,49	393,94
G3										
PX3	0,92	5,80	1,92	1,77	1,21	1,21	3,33	1,93	12,82	51,28
PY3	3,21	20,22	2,58	8,28	1,03	2,20	2,02	2,96	33,49	133,97
TOTAL	4,13	26,02		10,05			5,35	4,89	46,31	185,25

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Carga accidental (Q)							
	Compr. (m)	Reação laje (kN/m)	Reação laje (kN)	Abertura		Total (kN)/pav	Carga total (kN)
				Largura (m)	Carga (kN)		
G1							
PX1	0,89	1,05	0,93	1,21	0,64	1,57	6,28
PX4	1,89	1,05	1,98	0,91	0,48	2,46	9,85
PY1	3,21	1,44	4,62	0,00	0,00	4,62	18,49
TOTAL	5,99		7,54		1,11	8,65	34,62
G2							
PX2-1	0,82	1,05	0,86	1,21	0,64	1,50	5,99
PX2-2	0,87	1,10	0,96	1,21	0,67	1,62	6,49
PX5	1,97	1,10	2,17	1,03	0,57	2,73	10,93
PY2	3,21	5,04	16,18	0,00	0,00	16,18	64,71
TOTAL	6,87		20,16		1,87	22,03	88,12
G3							
PX3	0,92	1,10	1,01	1,21	0,67	1,68	6,71
PY3	3,21	1,47	4,72	1,03	0,76	5,48	21,90
TOTAL	4,13		5,73		1,42	7,15	28,61

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Carga total (G + Q)										
	Compr. (m)	P.P alvenaria (kN)	Carga laje (kN/m)	Carga laje (kN)	Abertura			Graute (kN)	Total (kN)/pav	Carga total (kN)
					Largura (m)	Altura (m)	Carga (kN)			
G1										
PX1	0,89	5,61	2,88	2,56	1,21	1,21	3,91	1,89	13,97	55,88
PX4	1,89	11,91	2,88	5,44	0,91	2,20	1,92	2,96	22,24	88,96
PY1	3,21	20,22	3,96	12,71	0,00	0,00	0,00	2,70	35,64	142,55
TOTAL	5,99	37,74		20,72			5,83	7,56	71,85	287,39
G2										
PX2-1	0,82	5,17	2,88	2,36	1,21	1,21	3,91	2,08	13,52	54,07
PX2-2	0,87	5,48	3,02	2,63	1,21	1,21	3,99	1,75	13,85	55,40
PX5	1,97	12,41	3,02	5,95	1,03	2,20	4,50	3,14	26,01	104,03
PY2	3,21	20,22	13,87	44,52	0,00	0,00	0,00	2,96	67,71	270,84
TOTAL	6,87	43,28		55,46			12,40	9,94	121,08	484,33
G3										
PX3	0,92	5,80	3,02	2,78	1,21	1,21	3,99	1,93	14,50	57,99
PY3	3,21	20,22	4,05	13,00	1,03	2,20	2,78	2,96	38,97	155,88
TOTAL	4,13	26,02		15,78			6,77	4,89	53,47	213,86

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

A tensão normal de compressão simples nos grupos de paredes pode ser encontrada da seguinte forma:

$$\sigma_{Grupo,k} = \frac{\Sigma \text{ carga total do grupo},_k}{\text{Área do grupo}}$$

A tensão normal permanente e acidental do grupo de paredes G1, na base do edifício, é calculada logo abaixo e está resumida na Tabela 3.5.2.5.

$$\sigma_{N,perm,k} = \frac{252,77 \text{ kN}}{14 \text{ cm} \times 599 \text{ cm}} = 0,0301 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma_{N,acid,k} = \frac{34,62 \text{ kN}}{14 \text{ cm} \times 599 \text{ cm}} = 0,0041 \text{ kN/cm}^2$$

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Tensão normal de compressão nos grupos de paredes

Tabela 3.5.2.5 - Tensão normal de compressão nos grupos de paredes.

Na base do Edifício					Tensões de compressão	
Grupo	Paredes do grupo	Compr. (m)	Carregamento		Permanente	Acidental
			Perm. (kN)	Acid. (kN)	$\sigma_{N,perm,k}$ (kN/cm ²)	$\sigma_{N,acid,k}$ (kN/cm ²)
1	PX1, PX4 e PY1	5,99	252,77	34,62	0,0301	0,0041
2	PX2, PX5 e PY2	6,87	393,94	88,12	0,0410	0,0092
3	PX3 e PY3	4,13	185,25	28,61	0,0320	0,0049

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

A resistência à compressão da parede pode ser obtida a partir da seguinte equação:

$$\frac{\gamma_f \times N_k}{A} \leq \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \text{ parede} \\ 0,9 \text{ pilares} \end{array} \right\} \times \frac{0,7 \cdot f_{pk}}{\gamma_m} \times \left[1 - \left(\frac{h_{ef}}{40 \times t_{ef}} \right)^3 \right]$$

Onde:

$$R = 0,875$$

$$\frac{N_k}{A} = \sigma_k \text{ (tensão característica);}$$

$$0,7 \cdot f_{pk} = f_k$$

$$\gamma_{fg} = \gamma_{fq} = 1,4$$

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Reescrevendo a equação, temos:

$$\gamma_f \times \sigma_k \leq 1,0 \times \frac{f_k}{\gamma_m} \times R$$

$$f_k = \gamma_m \times \frac{(\gamma_{fg} \times \sigma_{k,perm} + \gamma_{fq} \times \sigma_{k,acid})}{1,0 \times R}$$

Substituindo os valores referentes ao grupo de paredes G1, encontra-se a resistência da parede à compressão simples.

$$f_k = 2,0 \cdot \frac{(1,4 \cdot 0,0301 + 1,4 \cdot 0,0041)}{0,875}$$

$$f_k = 0,1097 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_{pk} = \frac{f_k}{0,7}$$

$$f_{pk} = \frac{0,1097}{0,7} = 0,1567 \text{ kN/cm}^2$$

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Resistência à compressão simples da parede e do prisma

R	0,875
γ_m	2
γ_f	1,4

Grupo	Paredes do grupo	Tensões normais		Resistência à compressão simples	
		$\sigma_{N,perm,k}$ (kN/cm ²)	$\sigma_{N,acid,k}$ (kN/cm ²)	Parede f_k (kN/cm ²)	Prisma f_{pk} (kN/cm ²)
1	PX1, PX4 e PY1	0,0301	0,0041	0,1097	0,1567
2	PX2, PX5 e PY2	0,0410	0,0092	0,1604	0,2291
3	PX3 e PY3	0,0320	0,0049	0,1184	0,1691

Exemplo 01 – Compressão simples – GRUPOS DE PAREDES

Analizando os resultados obtidos considerando grupo de paredes, é possível notar uma distribuição **mais homogênea das tensões** de compressão, uma vez que se considerada a interação em cantos e bordas.

Comparando os dois métodos, paredes isoladas e grupo de paredes, observa-se que a compressão no prisma varia de 0,1128 à 0,2750 kN/cm² no método de paredes isoladas, enquanto que, no grupo de paredes essa variação é de 0,1567 à 0,2291 kN/cm².