



Curso Online

PROJETO DE EDIFICOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Prof. Esp. Rangel Costa Lage

www.efct-cursos.com.br

AULA 01

Histórico

Conceitos básicos e

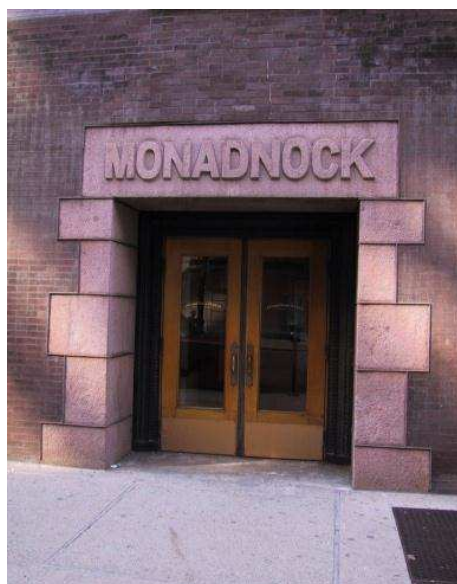
Potencial da

Alvenaria Estrutural

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

O que é Alvenaria Estrutural?

Qualquer parede que suporta carga além de seu peso próprio é alvenaria estrutural?



ESTRUTURA DE ALVENARIA



Monadnock 1890

Chicago — 17 pav.

Paredes na base tem 1,80 m de espessura

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

O que é Alvenaria Estrutural?



**Só o Suíço Paul Haller
realizou cerca de
1.600 ensaios de
parede!!!**

Paul Haller – Suíça

Edifícios de 12 e 18 andares construídos com alvenaria não armada com paredes externas de espessura entre 30 e 37,5 cm, internas de 15,2cm .

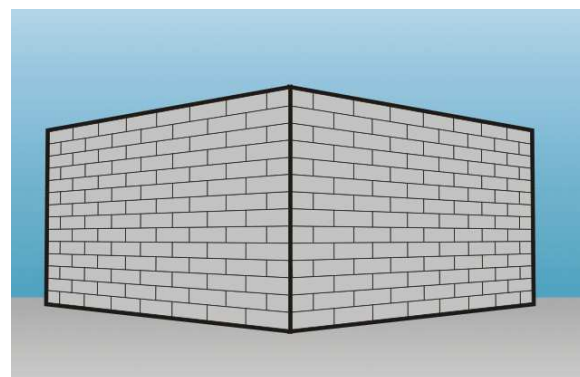
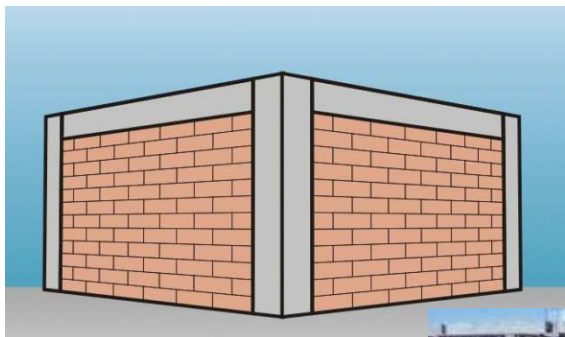
EDIFÍCIOS MARCANTES EM ALVENARIA NÃO ARMADA

Início da Alvenaria Estrutural

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

O que é Alvenaria Estrutural?

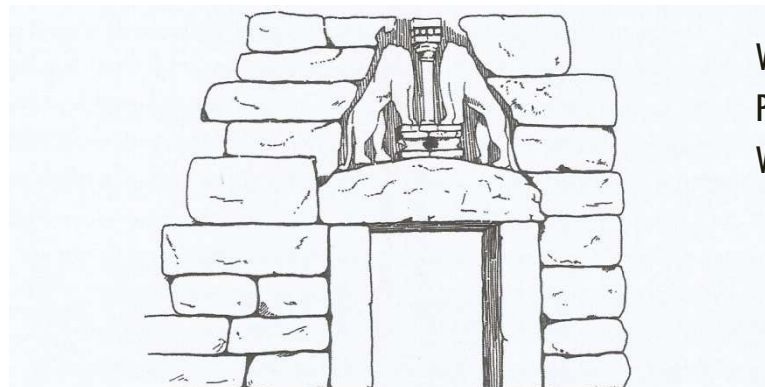
A alvenaria estrutural é um processo construtivo em que as paredes atuam como estrutura e têm a função de resistir às cargas verticais, **bem como às cargas laterais.**



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

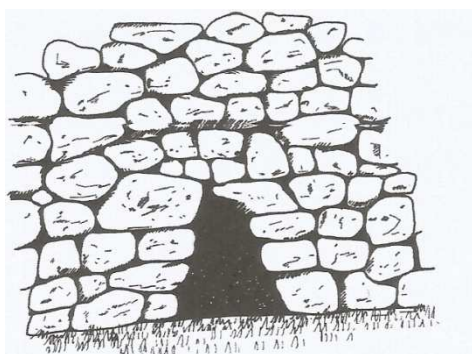
O que é Alvenaria Estrutural?

Vencendo vãos

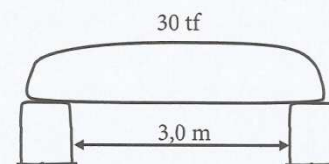


Verga de pedra
Peso: 25 a 30 ton.
Vão: 3 metros

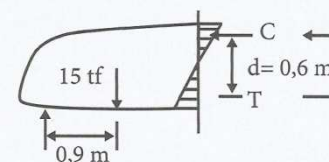
Portal do Leão (1.250 a.C.)



Arco de pedra



(a) Desenho esquemático da verga em pedra do Portal do Leão

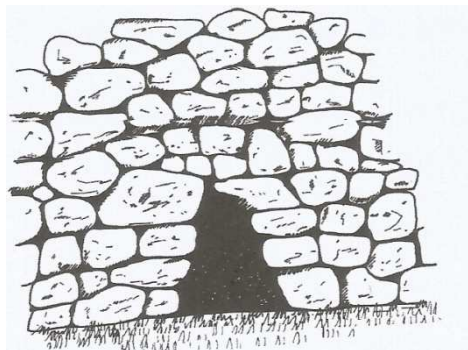


(b) Diagrama de corpo livre de metade da verga

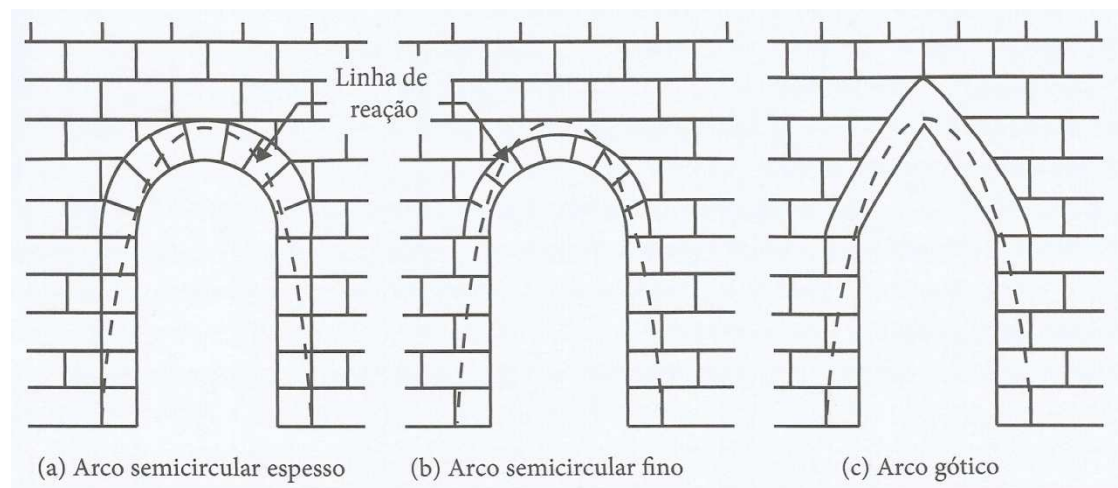
Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

O que é Alvenaria Estrutural?

Vencendo vãos



Arco de pedra — fiadas em balanços.
Tirtinto, Grécia (600 a.C.)



Linhas de empuxo de arcos comuns.

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

O que é Alvenaria Estrutural?

Vencendo vãos



Figura 3.11 Efeito arco em parede após ação accidental (cortesia Clayford T. Grimm).



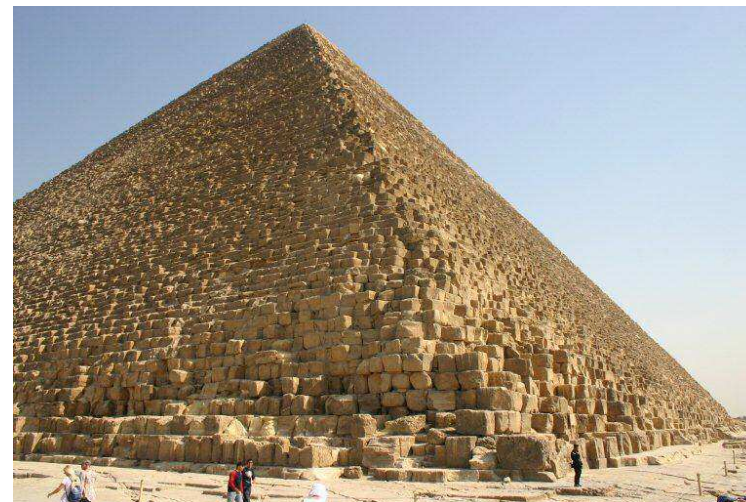
Figura 3.12 Encaminhamento alternativo de ações após explosão (cortesia Odilon P. Cavalheiro).

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Alvenaria estrutural no Brasil e no mundo

Alvenaria estrutural existe a quanto tempo?

- 12.000 anos?
- 10.000 anos?
- 60 anos?



2580 a.C.



Igreja de Notre Dame , Paris



Pathernon, Grécia 323 a.C



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Alvenaria estrutural no Brasil e no mundo

No BRASIL



Casa de Taipa



Conjunto Habitacional "Central Parque da Lapa" SP-1966
4 pavimentos

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Alvenaria estrutural no Brasil e no mundo

No BRASIL



1972 — primeiro edifício com 12 pavimentos

1990 - Intensifica-se o estudo da alvenaria estrutural não armada.



Ed. Barão de Il Barras com 6 pavimentos sobre pilotis Goiânia - GO.

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Qual o potencial da alvenaria estrutural?



RACIONALIZAÇÃO

O sistema construtivo de alvenaria estrutural apresenta **grande potencial tecnológico** e **econômico** decorrente da **racionalização, padronização e industrialização** que são intrínsecos ao sistema. A sua **simplicidade** facilita as operações de execução e diminui custos. As habitações resultantes mostram ter bom desempenho frente às necessidades sócio-econômicas e condições climáticas existentes no país.



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Quais as vantagens e desvantagens do sistema?

VANTAGENS

- **Economia**
- **Execução simplificada**, proporciona maior rapidez à construção;
- Não necessita de **formas** para vigas e pilares;
- Redução de mão-de-obra e tipos de materiais;
- Técnica de execução simplificada;
- Eliminação de rasgos para embutir instalações;
- Redução de espessuras de revestimentos;
- Resistência ao fogo, bom isolamento térmico e acústico;
- **Durável**, exige pouca manutenção
- **Racionalização** da execução das obras e maior velocidade
- Redução de quebras, **desperdícios** e **entulho** na obra



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Quais as vantagens e desvantagens do sistema?

DESVANTAGENS

- Exige controle de qualidade eficiente tanto dos materiais empregados como do componente alvenaria.
- Mão de obra qualificada e bem treinada e uma constante fiscalização são imprescindíveis.
- O usuário não tem a mesma flexibilidade para remover paredes a fim de se aumentar um determinado ambiente, como no caso de uma estrutura convencional.
- Dificuldade de improvisações;
- Limitação de grandes vãos e balanços;



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Afinal, o que é uma alvenaria de qualidade?

- Que tipo de obra é possível construir em alvenaria estrutural?
- Alvenaria é a união de:
 - Conhecimento estrutural,
 - Materiais de qualidade, e
 - Processo adequado de construção .

Pode-se dizer que, atualmente, a alvenaria estrutural constitui-se em processo construtivo muito utilizado no mundo todo. Como principais razões para este crescimento podem apontar-se os seguintes fatores:

1. A incorporação de conceitos de racionalização do projeto a procedimentos em obra;
2. O pequeno investimento inicial necessário;
3. E a facilidade de capacitação de mão-de-obra.

Década de 80:

**Normas Brasileiras > Ensaaios, Projeto e
Execução AE de blocos de concreto >
baseada nas americanas**

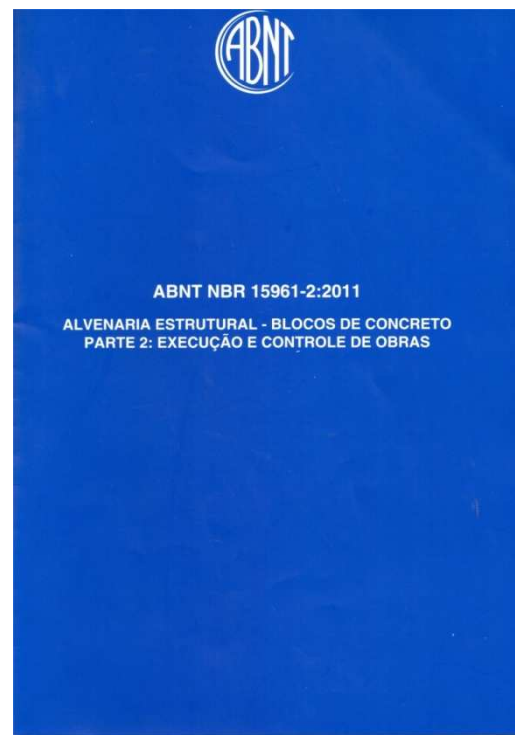
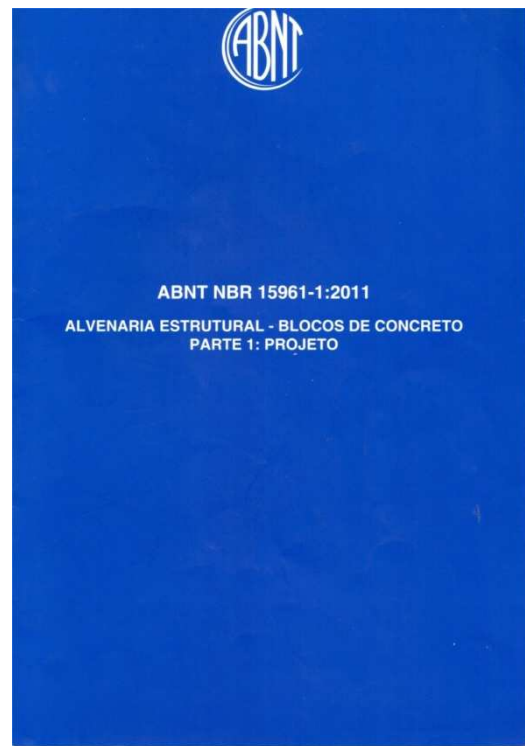
**2004: Instalado Comitê para rever
essas normas > trabalho pára em 2005**

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

NORMAS



2010: Re-instalado Comitê
2011: publicação



NORMA
BRASILEIRA

**ABNT NBR
15812-1**

Primeira edição
15.03.2010
Válida a partir de
15.04.2010

**Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos
Parte 1: Projetos**

*Structural masonry — Clay blocks
Part 1: Project*

NORMA
BRASILEIRA

**ABNT NBR
15812-2**

Primeira edição
15.03.2010
Válida a partir de
15.04.2010

**Alvenaria estrutural — Blocos cerâmicos
Parte 2: Execução e controle de obras**

*Structural masonry — Clay blocks
Part 2: Execution and site quality control*

Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



REAL

MAQUETE



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



REAL

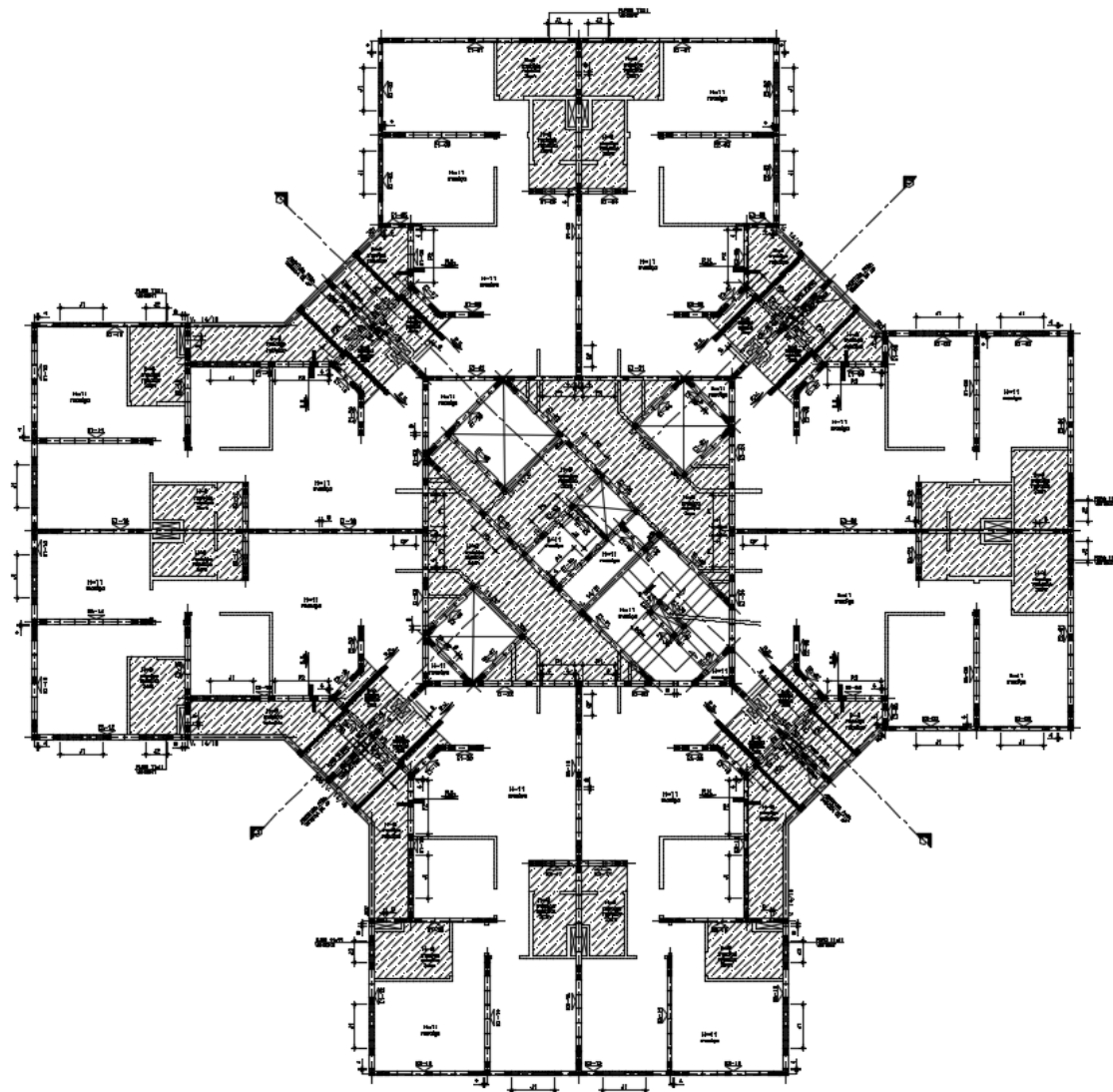


MAQUETE



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



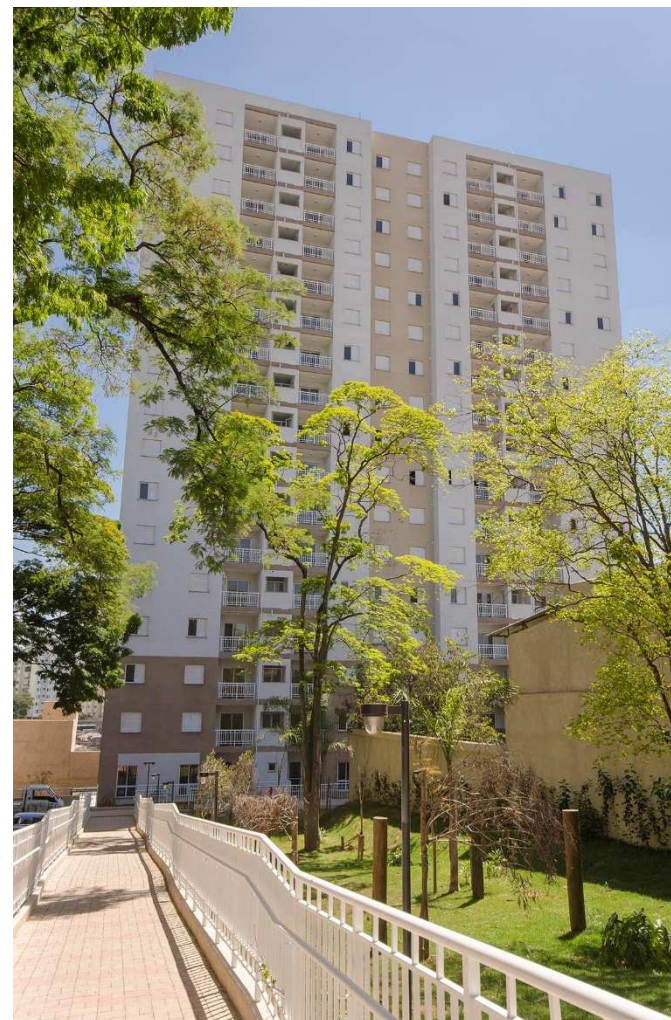
Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil



REAL

MAQUETE



Histórico, conceitos básicos e potencial da Alvenaria Estrutural

Exemplo de obras atuais no Brasil

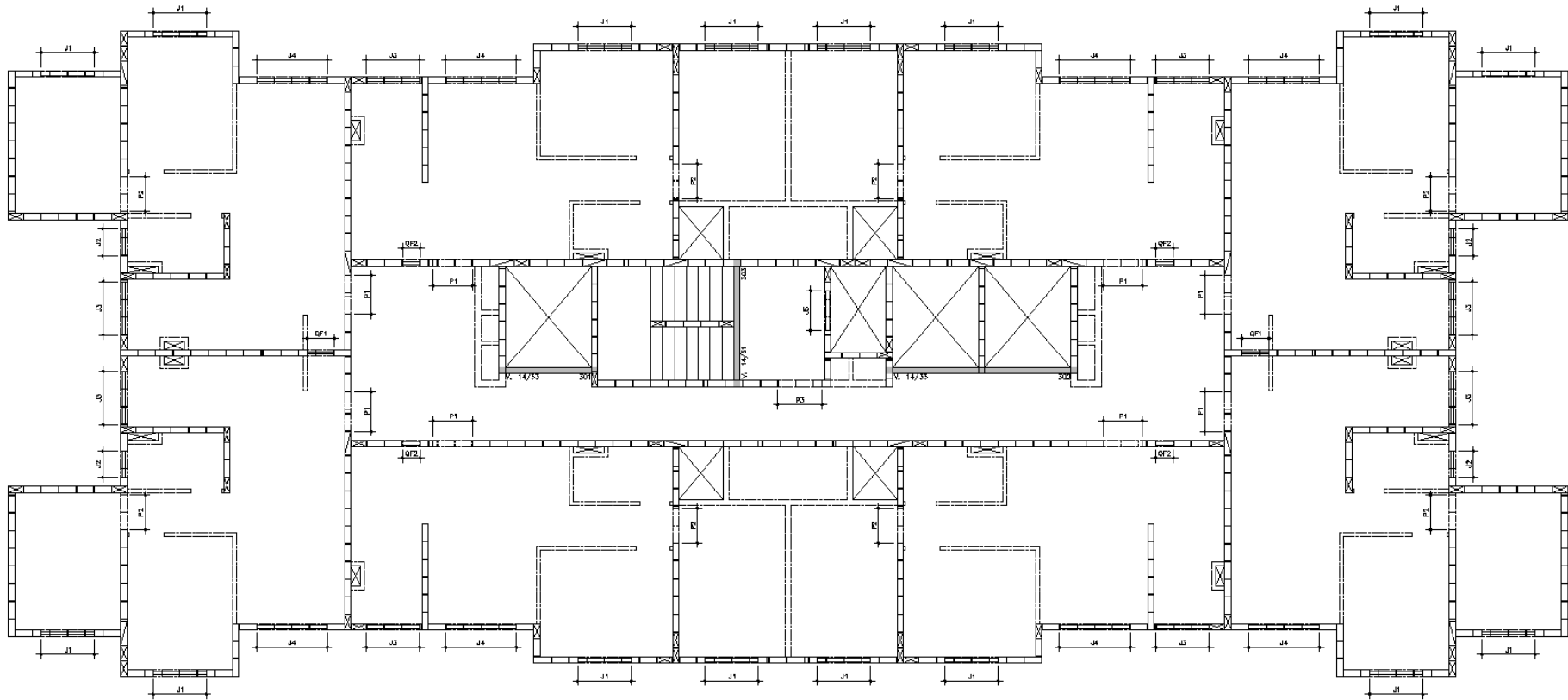


REAL

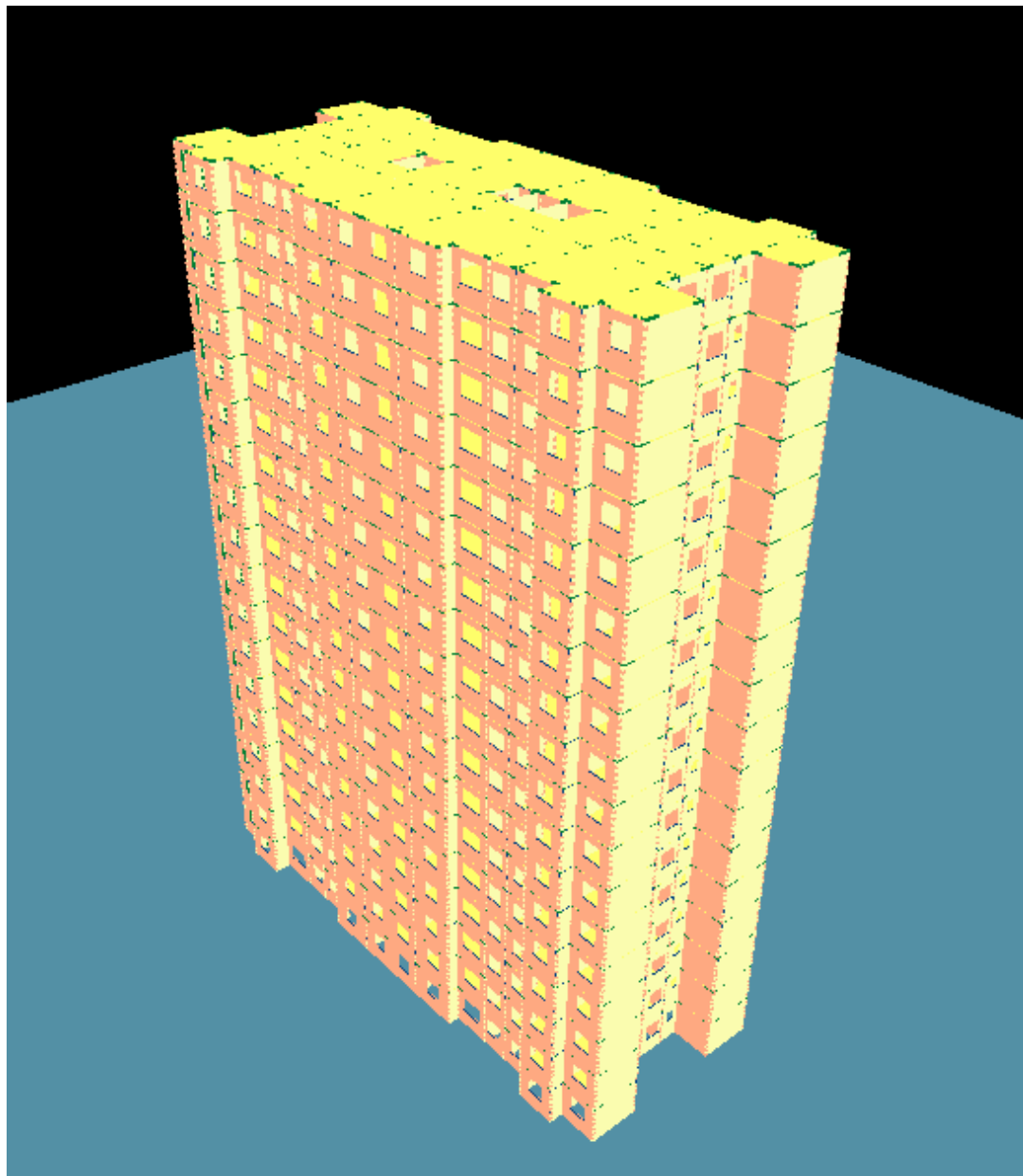
MAQUETE



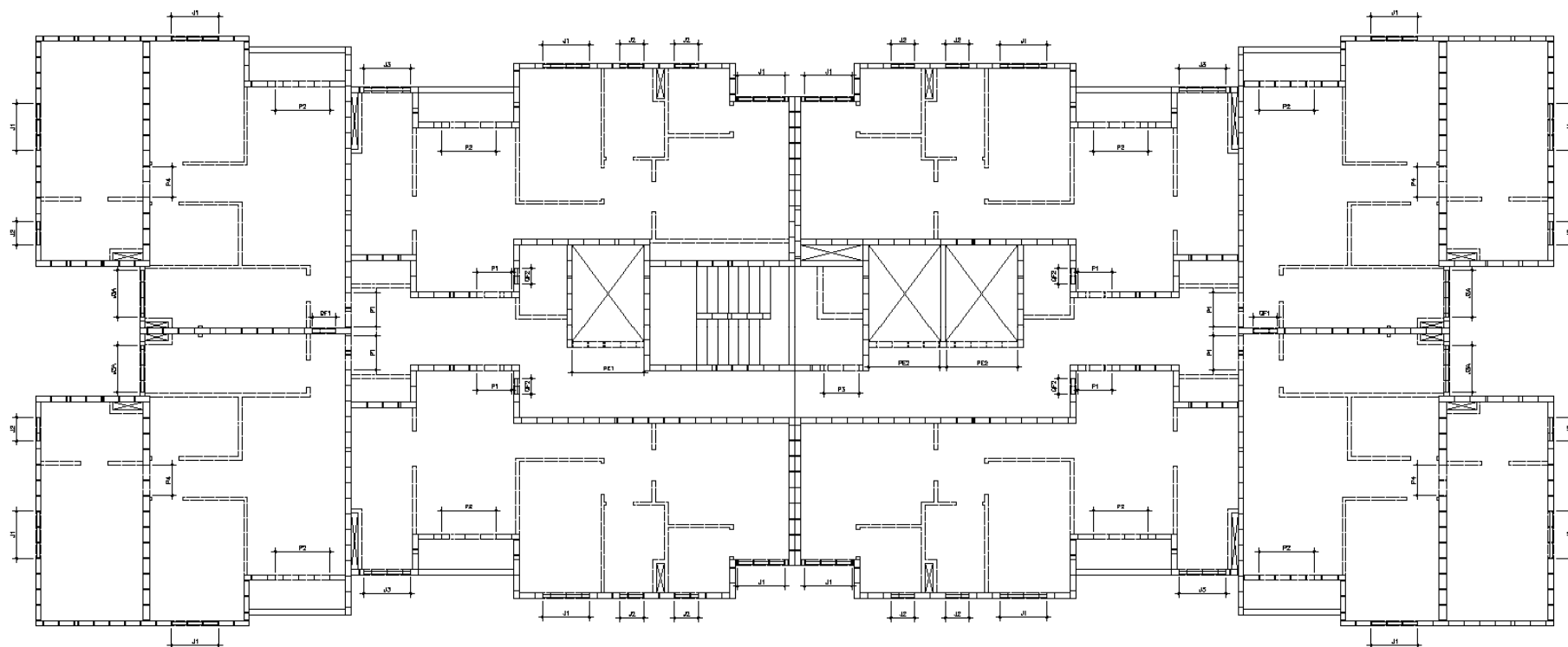
Exemplo 01 - Modulação



Exemplo 01 – 3D



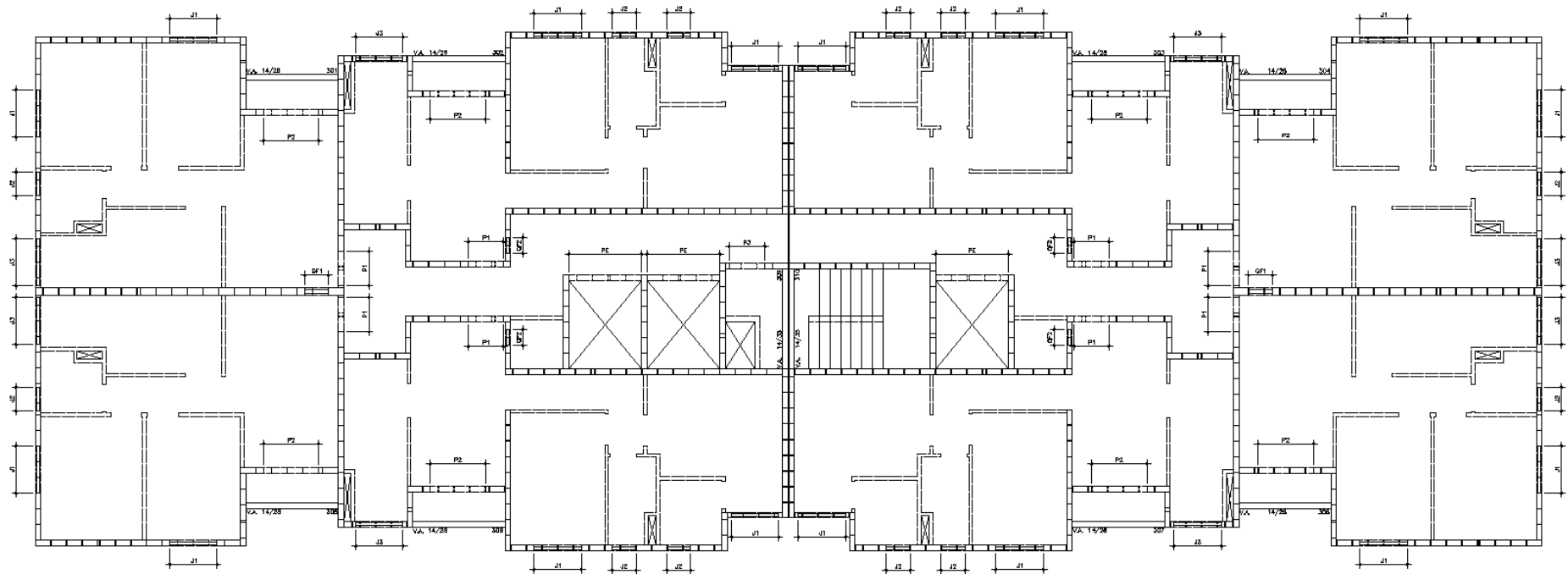
Exemplo 02 - Modulação



Exemplo 02 — Foto



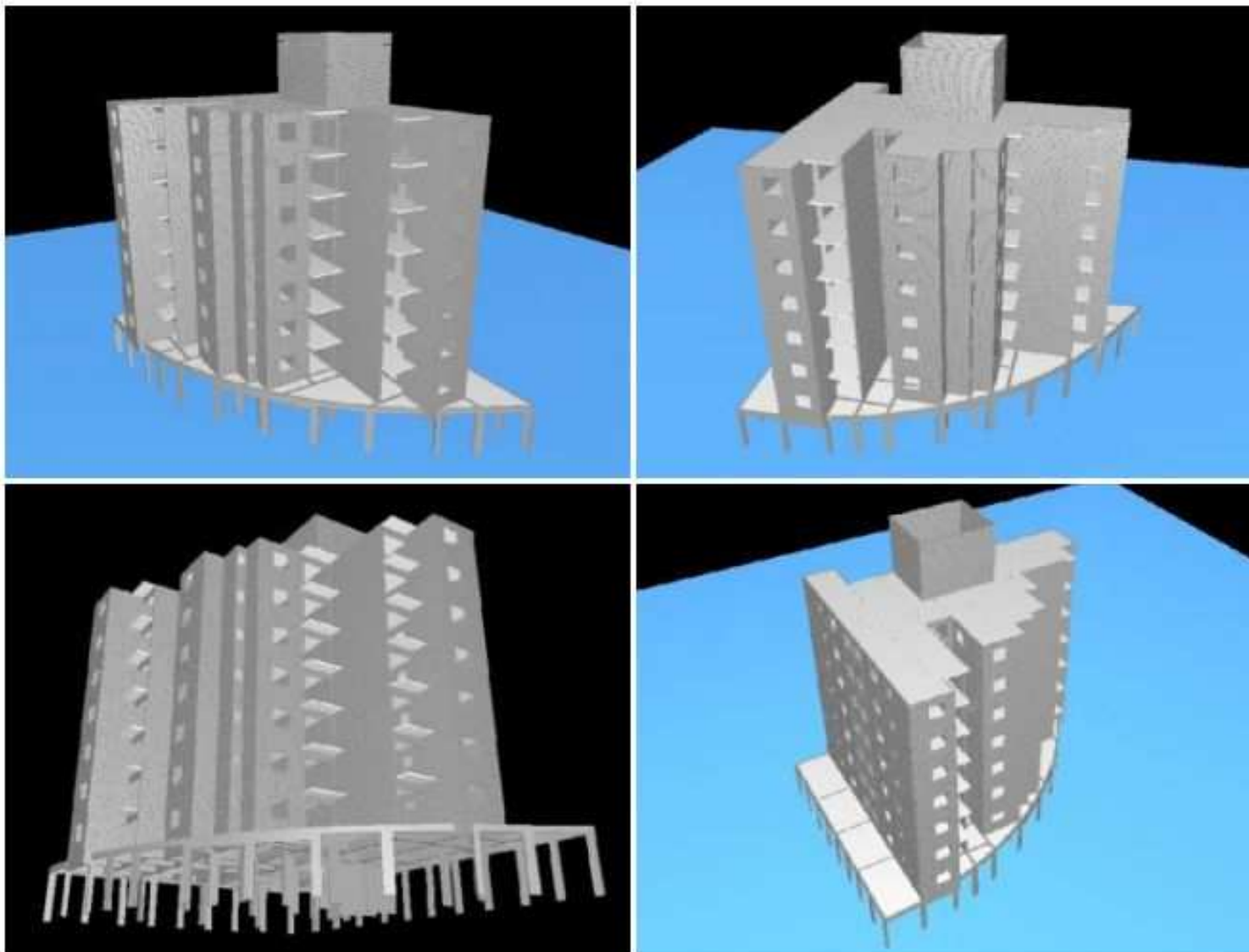
Exemplo 03 - Modulação



Exemplo 03 – Foto



Exemplo 04 – 3D



Materiais:

Blocos (cerâmica e concreto),

Graute e

Argamassa

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

BLOCOS ESTRUTURAIS



**NÃO CONFUNDIR COM
“BROCO” ou DE VEDAÇÃO**



**Vários bons fabricantes de blocos de concreto →
referência:**



<http://www.blocobrasil.com.br/associados-bloco.asp>

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria — cerâmicos e concreto

CONCRETO - Características

O **bloco de concreto** é um componente industrializado, produzido em máquinas que vibram e prensam, podendo ser fabricados com uma vasta variedade de composições. Por serem moldados em fôrmas de aço, possuem **precisão dimensional** que confere facilidade na execução da alvenaria.

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria — cerâmicos e concreto

CONCRETO - Características

- **Peso próprio da parede:** 14 kN/m^2
- Melhor relação prisma bloco;
- Melhor aderência — argamassa de assentamento e revestimentos;
- Maior resistência mecânica (menos perdas);
- Atinge maiores resistências à compressão (fbk);
- Melhor planicidade (menor espessura de revestimentos);
- Melhor isolamento acústico (embora ambos atendam a NBR 15575)
- Maior disponibilidade regional.

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

classificação dos blocos segundo a NBR 6136:

- **Classe A** – Com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima ou abaixo do nível do solo
- **Classe B** – Com função estrutural, para uso em elementos acima do nível do solo
- **Classe C** – Com função estrutural, para uso em elementos acima do nível do solo
- **Classe D** – Sem função estrutural, para uso em elementos de alvenaria acima do nível do solo.

Classe	Resistência característica f_{bk} MPa	Absorção média em %		Retração (¹) %
		Agregado norma	Agregado leve	
A	$\geq 6,0$	$\leq 10,0$ %	$\leq 13,0\%$ (média) $\leq 16,0\%$ (individual)	$\leq 0,065\%$
B	$\geq 4,0$			
C	$\geq 3,0$			
D	$\geq 2,0$			

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

Classe	Designação	Paredes longitudinais ¹ mm	Paredes transversais	
			Paredes ¹ mm	Espessuras equivalentes ² mm/m
A	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
B	M-15	25	25	188
	M-20	32	25	188
C	M-10	18	18	135
	M-12,5	18	18	135
	M-15	18	18	135
	M-20	18	18	135
D	M-7,5	15	15	113
	M-10	15	15	113
	M-12,5	15	15	113
	M-15	15	15	113
	M-20	15	15	113

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto



Manual de desempenho

Alvenaria de Blocos de Concreto

Guia para atendimento
à Norma ABNT 15575



14 CONSIDERAÇÕES FINAIS

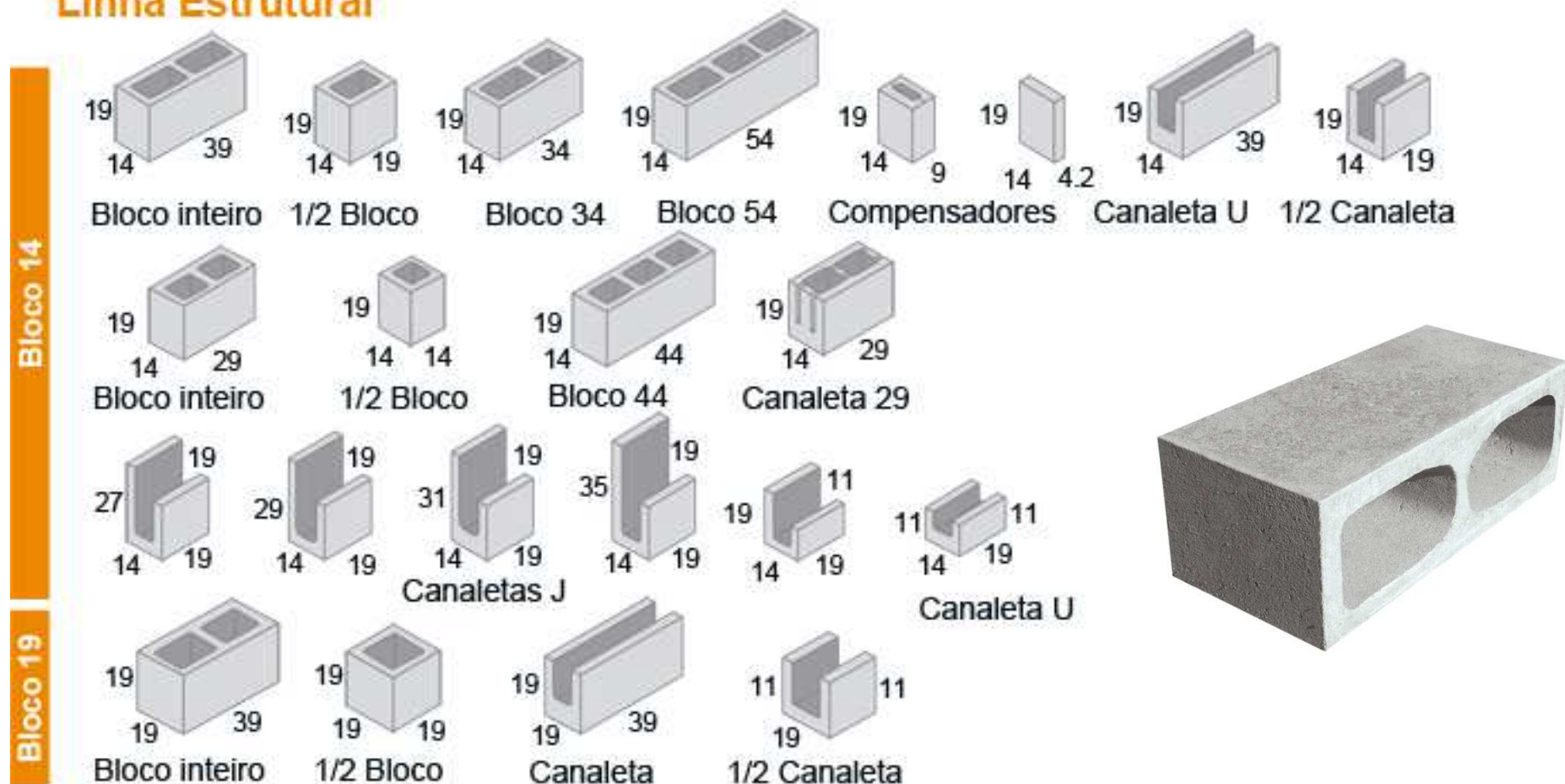
Com os resultados apresentados neste manual, pode-se afirmar que as alvenarias com blocos de concreto possibilitam ao projetista o atendimento dos requisitos da norma de desempenho NBR 15575, parte 4 – Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas. Além de atenderem à norma de desempenho, os sistemas construtivos que utilizam blocos de concreto em conformidade com as especificações das normas ABNT apresentam grande competitividade quando são avaliados os parâmetros técnicos, econômicos, sociais e ambientais de forma conjunta.

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

CONCRETO

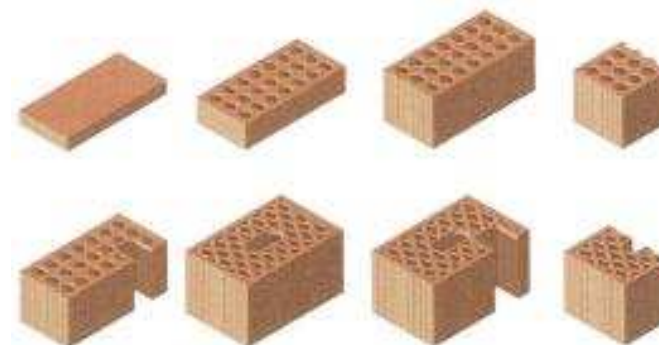
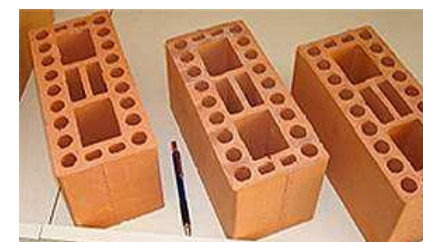
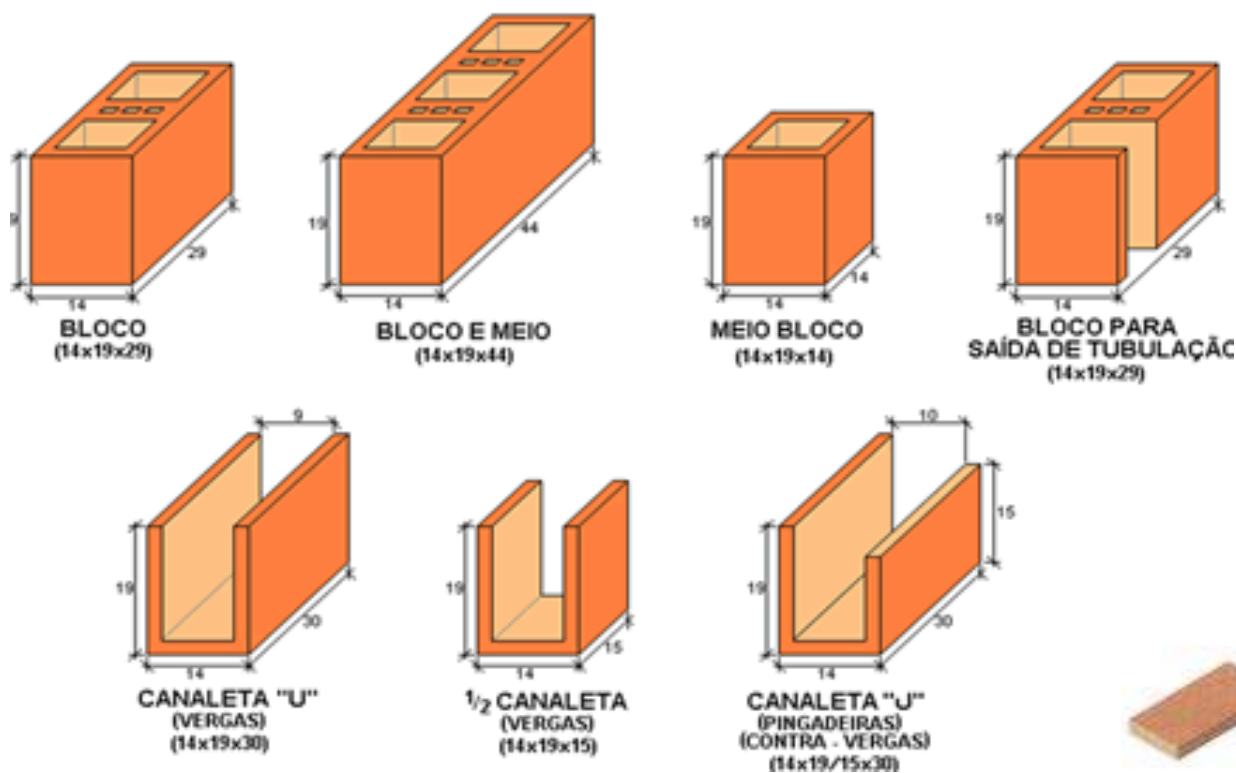
Linha Estrutural



Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

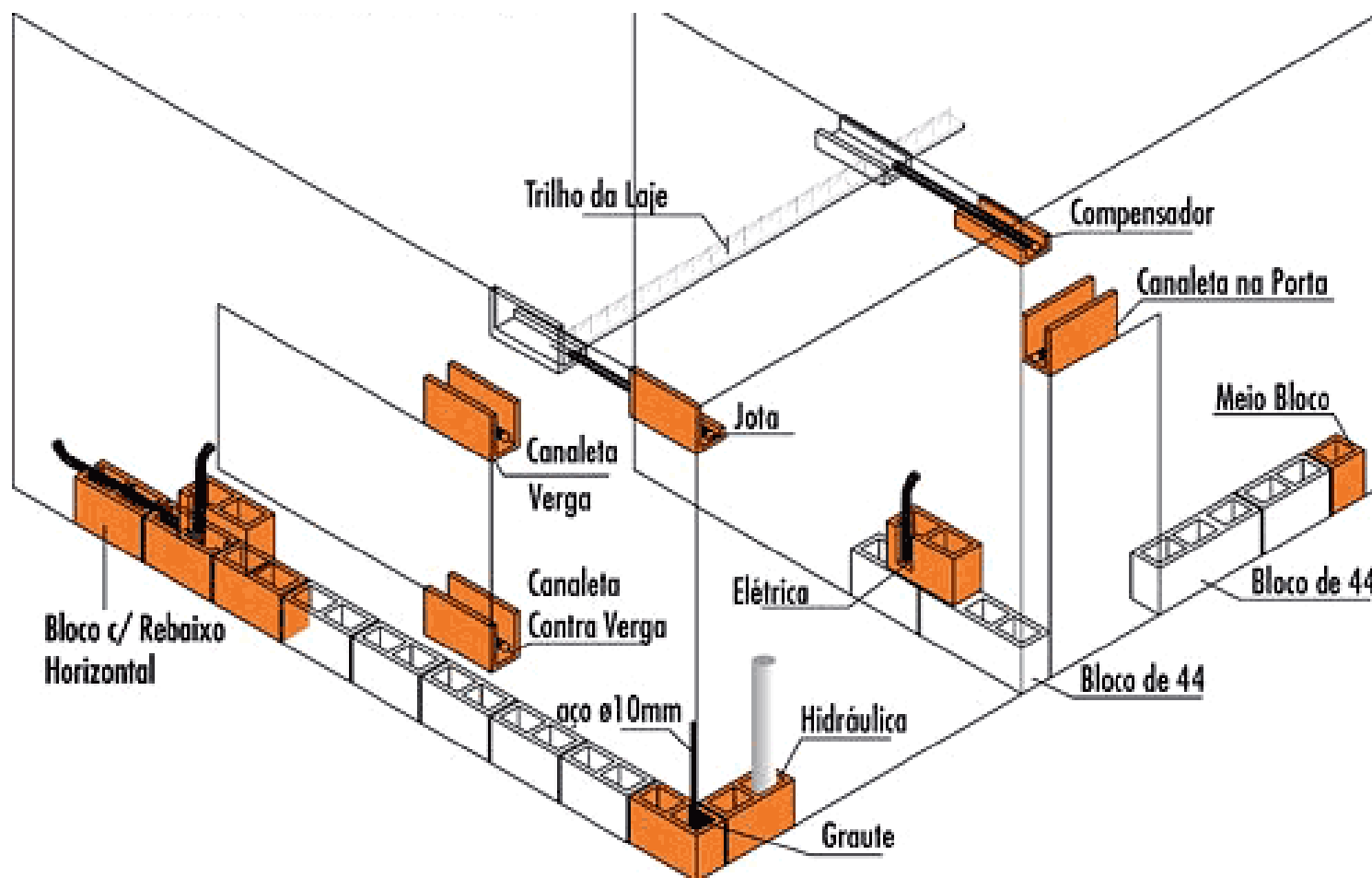
CERÂMICO



Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

CERÂMICO



Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

FAMÍLIAS



Figura 37

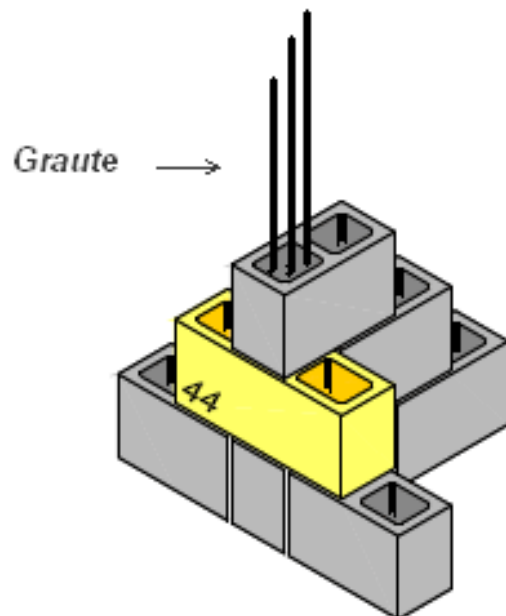


Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

AMARRAÇÃO

EXEMPLOS DE AMARRAÇÃO PARA A FAMÍLIA 29 (MÓDULO 15)



AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “T”

Nos encontros são utilizados blocos dimensões 14x29 (Largura x Comprimento) numa fiada e 14x44 na fiada seguinte.

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

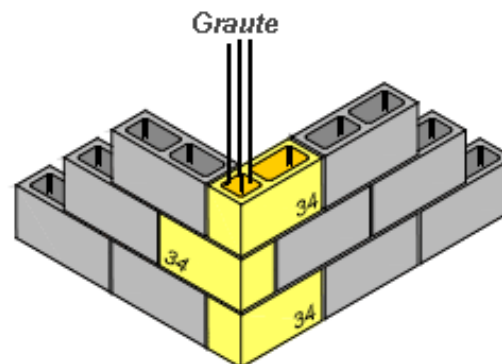
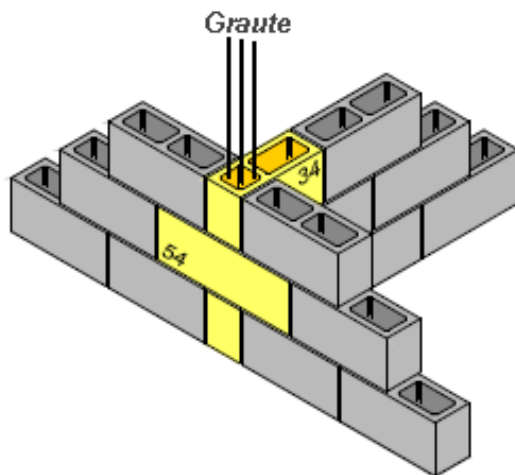
Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

AMARRAÇÃO

EXEMPLOS DE AMARRAÇÃO PARA A FAMÍLIA 39 (MÓDULO 20)

AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “L”

Nos cantos são utilizados blocos especiais nas dimensões 14x34 (Largura x Comprimento) em todas as fiadas.



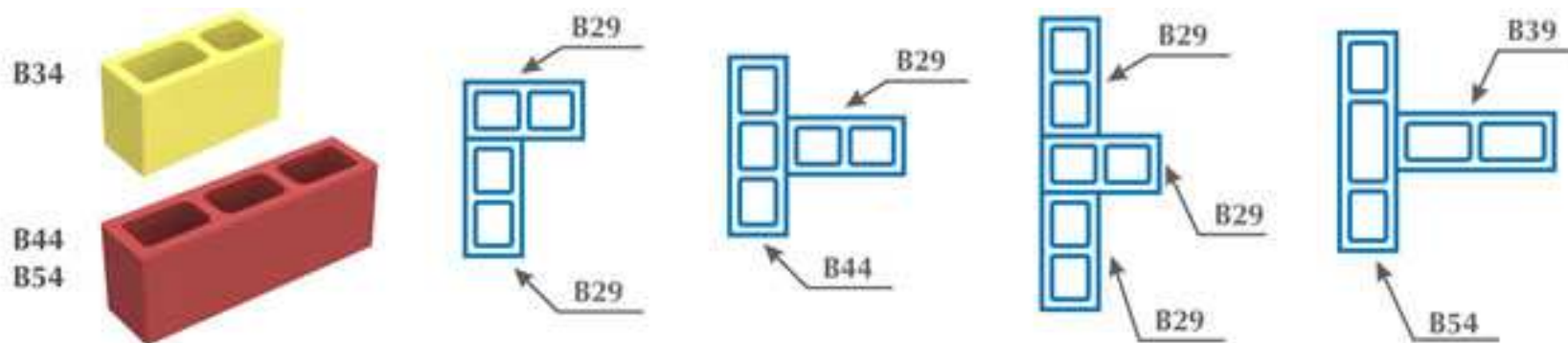
AMARRAÇÃO DE PAREDE EM “T”

Nos encontros são utilizados blocos especiais nas dimensões 14x34 (Largura x Comprimento) numa fiada e 14x54 na fiada seguinte.

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Unidades de alvenaria – cerâmicos e concreto

AMARRAÇÃO



Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções do **GRAUTE**

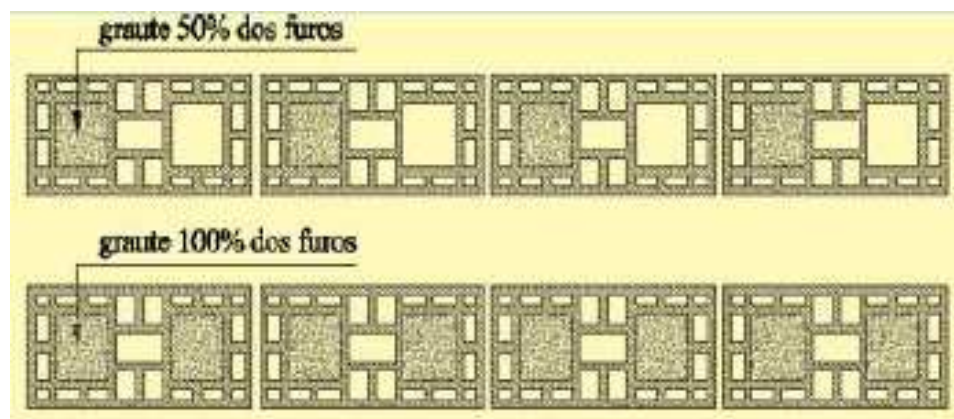
- É uma mistura de cimento, agregado e água com alto slump (entre 20 e 28), que é lançado ou bombeado no local da obra.
- Usado para preencher os vazados verticais ou horizontais da alvenaria;
- Aumenta a resistência em pontos localizados (verga, contra-vergas);
- Aumentar a resistência à compressão de uma parede;
- Permite aderência da armadura;
- Recomenda-se que a resistência do graute não seja inferior a 15 MPa (para garantir aderência com a armadura);
- Recomenda-se como estimativa inicial usar $f_{gk} = 2 \times f_{bk}$



Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções do **GRAUTE**

- Geralmente, **pelo menos**:
 - 100% os furos grauteados: aumento de 60%
 - 50% os furos grauteados: aumento de 30%



Aumento depende de dosagem adequada do graute, resistência deve ser comprovada por ensaios.

EXISTE LIMITE NO AUMENTO DE RESISTÊNCIA PROPORCIONADO PELO GRAUTEAMENTO, NÃO ADIANTE USAR CONCRETO DE RESISTÊNCIA ALTISSIMA.

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

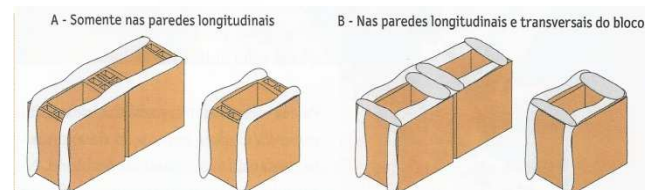
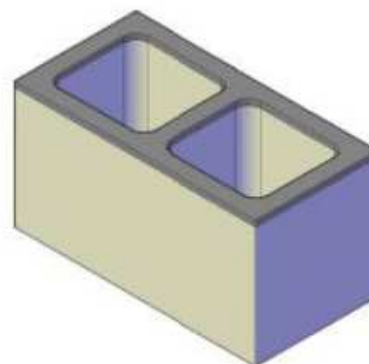
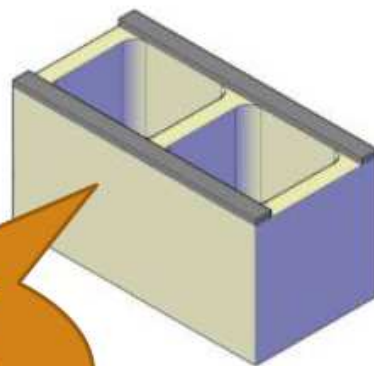
Características e funções da ARGAMASSA

- Usada para permitir um apoio uniforme e aderência de um bloco sobre outro;
- Bloco + argamassa = alvenaria;
- Importante função na resistência ao cisalhamento;
- Compensa imperfeições e variações dimensionais dos blocos;
- Veda a parede, protegendo-a da água e outros agentes agressivos;
- Absorve deformações naturais a que a parede é submetida (variações térmicas, retração por secagem, pequenos recalques); importante boa resiliência;
- Argamassas mais forte: baixa capacidade de absorver deformações, resultando em tensões elevadas e conseqüentemente aparecimento de fissuras;
- Argamassas muito fracas: baixa resistência à compressão e de aderência muito baixas, prejudicando a resistência da parede.
- No estado plástico: boa trabalhabilidade;
- No estado endurecido: aderência, resiliência, resistência a compressão e retração.

Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções da ARGAMASSA

Considerar
resistência
20% menor



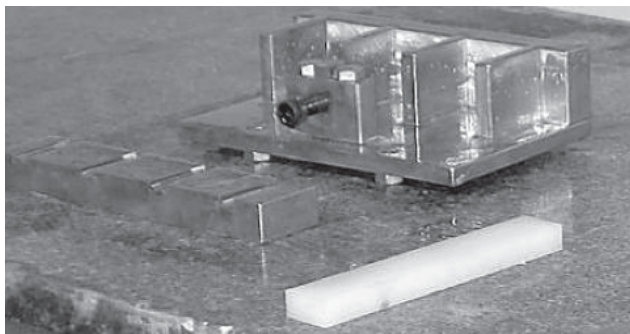
Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções da ARGAMASSA

- Resistência ao cisalhamento:

	Resistência média de compressão da argamassa (MPa)		
	1,5 a 3,4	3,5 a 7,0	Acima de 7,0
f_{vk}	$0,10 + 0,5 \sigma \leq 1,0$	$0,15 + 0,5 \sigma \leq 1,4$	$0,35 + 0,5 \sigma \leq 1,7$

Molde para corpos de prova de argamassa em cubos de 40 mm.

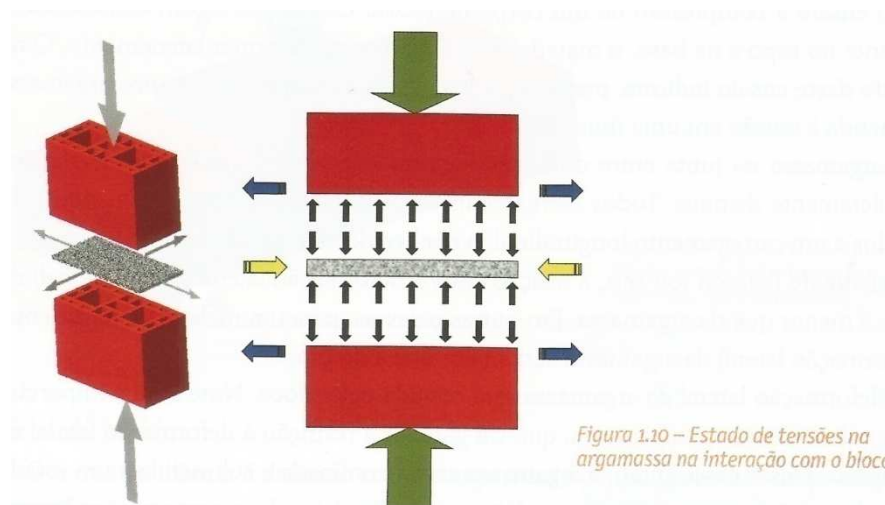
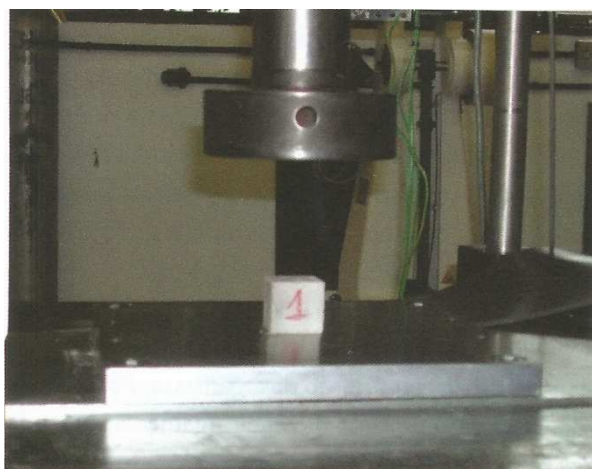


Corpos de prova de argamassa em cubos de 40 mm



Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções da **ARGAMASSA**

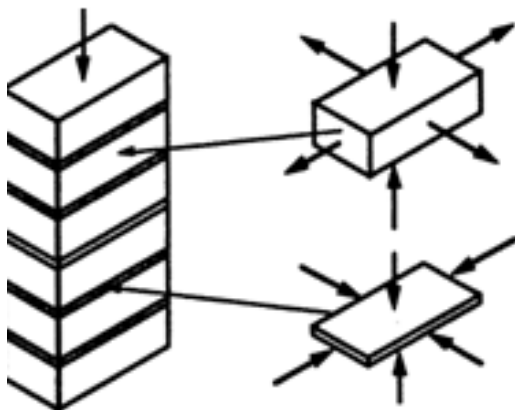


Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções da ARGAMASSA

É **usual** especificarmos valores de resistência da **argamassa menores** que do material do bloco.

Com isso a argamassa (“de espuma”) é mais deformável que o bloco, apresentando uma ruptura característica:

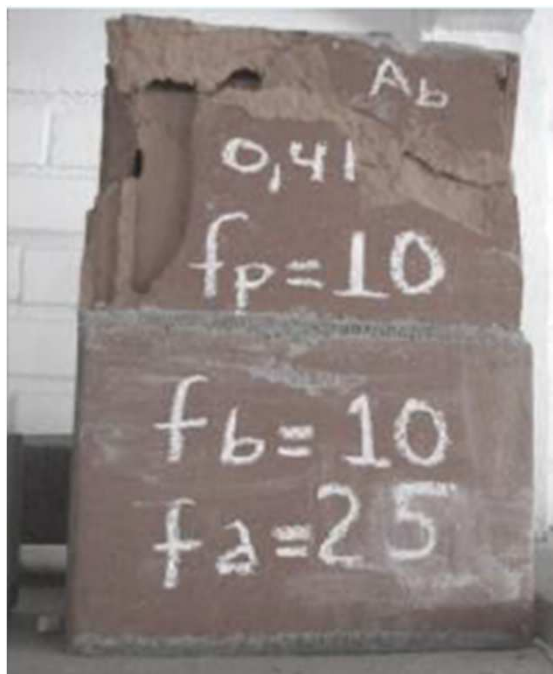


Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções da ARGAMASSA

Então a resistência da argamassa não tem importância?

Se argamassa (“de aço”) é mais rígida que o bloco, a ruptura ocorre de maneira distinta:



Materiais: Blocos (cerâmica e concreto), graute e argamassa

Características e funções da ARGAMASSA

A argamassa tem influência na resistência a compressão da parede.

Se especificarmos uma argamassa muito baixa em relação ao bloco há uma expressiva queda na resistência a compressão da parede.

Geralmente limitamos sua resistência a uma faixa entre **0,7 a 1,5 vezes o fbk** para evitar o risco de fissura.

Projeto Estrutural

Concepção e conceitos

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Princípios para definição do sistema estrutural



A evolução experimentada pelo sistema, em especial no cálculo estrutural, na técnica construtiva e nas transições, a alvenaria estrutural hoje pode ser utilizada numa ampla gama de obras como, por exemplo:

Imóveis residenciais — A Alvenaria Estrutural pode ser usada tanto para fazer casas isoladas como para conjuntos habitacionais de sobrados e para prédios de 3 a 20 pavimentos, com ou sem subsolos.

Imóveis comerciais — Prédios de escritórios pequenos e médios, consultórios, escolas, hospitais de até 20 andares, sem falar dos salões comerciais e industriais de pequeno e médio porte, e de prédios públicos como igrejas e auditórios.

A limitação fica por conta de prédios com poucas paredes (muitas fachadas de vidro ou com divisórias internas móveis). Também deve ser evitada em edifícios onde as paredes não são planejadas, para permitir liberdade de modificações nas divisões internas.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Termos e definições



Componente: menor parte constituinte dos elementos da estrutura. Os principais são: bloco, junta de argamassa, graute e armadura;

Bloco: componente básico da alvenaria;

Junta de argamassa: componente utilizado na ligação dos blocos;

Graute: componente utilizado para preenchimento de espaços vazios de blocos com a finalidade de solidarizar armaduras à alvenaria ou aumentar sua capacidade resistente;

Elemento de alvenaria não-armado: Elemento de alvenaria no qual não há armadura dimensionada para resistir aos esforços solicitantes;

Elemento de alvenaria armado: elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras passivas que são consideradas para resistir aos esforços solicitantes;

Elemento de alvenaria protendido: elemento de alvenaria no qual são utilizadas armaduras ativas;

Parede estrutural: toda parede admitida como participante da estrutura;

Parede não-estrutural: toda parede não admitida como participante da estrutura;

Cinta: elemento estrutural apoiado continuamente na parede, ligado ou não às lajes, vergas ou contravergas;

Coxim: elemento estrutural não contínuo, apoiado na parede, para distribuir cargas concentradas;

Enrijecedor: elemento vinculado a uma parede estrutural com a finalidade de produzir um enrijecimento na direção perpendicular ao seu plano;

Viga: elemento linear que resiste predominantemente à flexão e cujo vão seja maior ou igual a três vezes a altura da seção transversal

Verga: viga alojada sobre abertura de porta ou janela e que tenha a função exclusiva de transmissão de cargas verticais para as paredes adjacentes à abertura;

Contraverga: elemento estrutural colocado sob o vão de abertura com a função de redução de fissuração nos seus cantos;

Pilar: elemento linear que resiste predominantemente a cargas de compressão e cuja maior dimensão da seção transversal não exceda cinco vezes a menor dimensão;

Parede: elemento laminar que resiste predominantemente a cargas de compressão e cuja maior dimensão da seção transversal excede cinco vezes a menor dimensão.

Excentricidade: distância entre o eixo de um elemento estrutural e a resultante de uma determinada ação que sobre ele atue;

Área bruta: área de um componente ou elemento considerando-se as suas dimensões externas, desprezando-se a existência dos vazados;

Área líquida: área de um componente ou elemento, com desconto das áreas dos vazados

Área efetiva: parte da área líquida de um componente ou elemento, sobre a qual efetivamente é disposta a argamassa;

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Termos e definições



Prisma: corpo de prova obtido pela superposição de blocos unidos por junta de argamassa, grauteados ou não;

Amarração direta no plano da parede: padrão de distribuição dos blocos no plano da parede, no qual as juntas verticais se defasam de no mínimo $1/3$ do comprimento dos bloco.

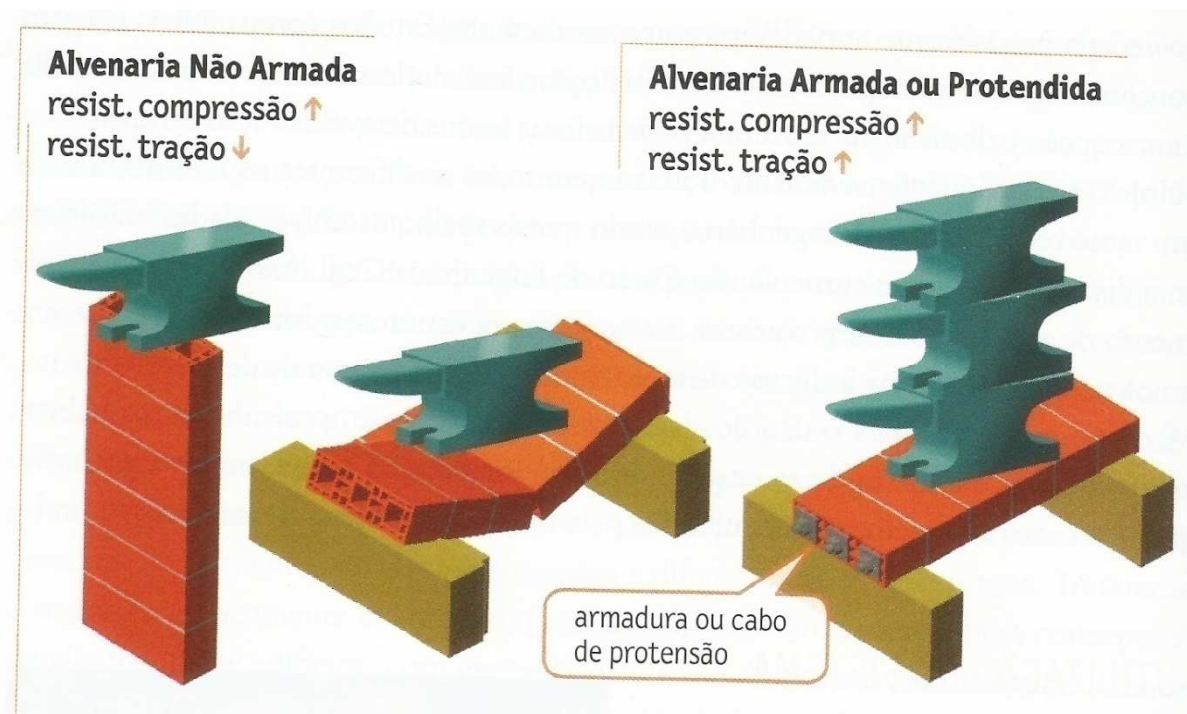
Junta não amarrada no plano da parede: padrão de distribuição de blocos no plano da parede que não atenda ao descrito em 3.24. Toda parede com junta não amarrada no seu plano deve ser considerada não estrutural salvo se existir comprovação experimental de sua eficiência;

Amarração direta de paredes: padrão de ligação de paredes por intertravamento de blocos, obtido com a interpenetração alternada de 50% das fiadas de uma parede na outra ao longo das interfaces comuns;

Amarração indireta de paredes: padrão de ligação de paredes com junta vertical a prumo em que o plano da interface comum é atravessado por armaduras normalmente constituídas por grampos metálicos devidamente ancorados em furos verticais adjacentes grauteados ou por telas metálicas ancoradas em juntas de assentamento.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Termos e definições



ÁREA LÍQUIDA / ÁREA BRUTA

Norma de
Ensaio Bloco:
Resultado na
Área Bruta!



Norma de Ensaio de
Prisma ("antiga"):
Resultado na Área
Líquida!

Nova Norma → também
Área Bruta



Bloco de 4,0 MPa → Prisma de 6,5 MPa?

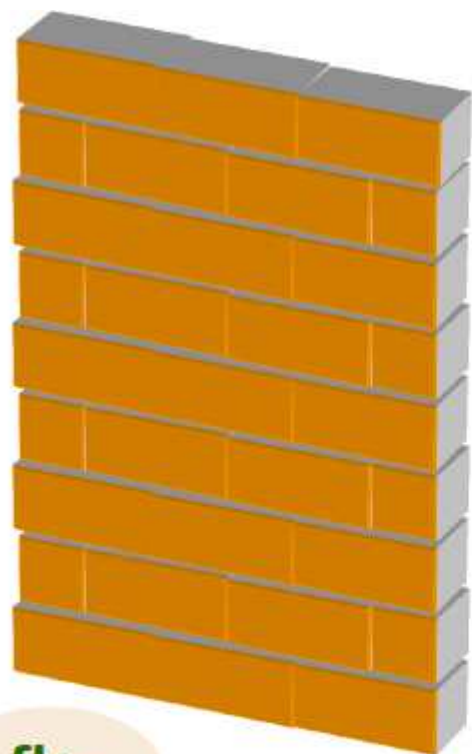
ESSE PROBLEMA NÃO EXISTE MAIS!



**TUDO ÁREA
BRUTA!!!**

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

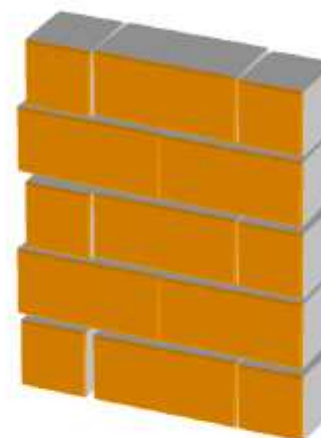
Fator de eficiência da alvenaria



f_k =
resistência característica a
compressão da parede



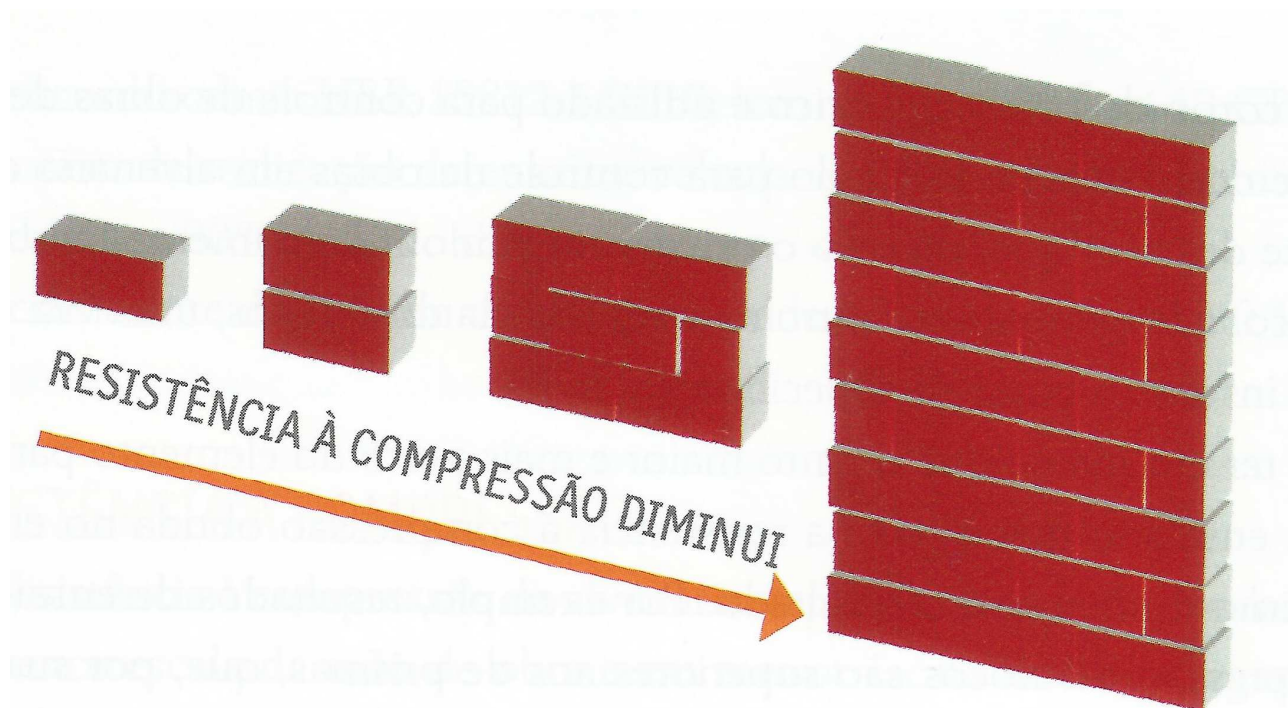
= 70% f_{pk}



= 85%
pequena
parede
(f_{pak})

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Fator de eficiência da alvenaria



VALOR MÉDIO e CARACTERÍSTICO

**DÁ PRA CONFIARM EM BLOCOS
COMPRADOS PELA RESISTÊNCIA MÉDIA?**

VALOR CARACTERÍSTICO

Resistência Característica F_{bk} ou F_{pk} – Requisitos NBR

$$f_{bk,est} = 2 \left[\frac{f_{b(1)} + f_{b(2)} + \dots + f_{b(i-1)}}{i - 1} \right] - f_{bi}$$

onde:

$f_{bk,est}$ é a resistência característica estimada da amostra, expressa em MPa;
 $f_{b(1)}, f_{b(2)}, \dots, f_{bi}$ são os valores de resistência à compressão individual dos corpos-de-prova da amostra, ordenados cres

$i = n/2$, se n for par;

$i = (n - 1)/2$, se n for ímpar;

n é igual à quantidade de blocos da amostra.

**Mesmo
procedimento
para prismas e**

**f_{pk} é limitado a 85% da resistência média
obtida nos ensaios**

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Fator de eficiência da alvenaria

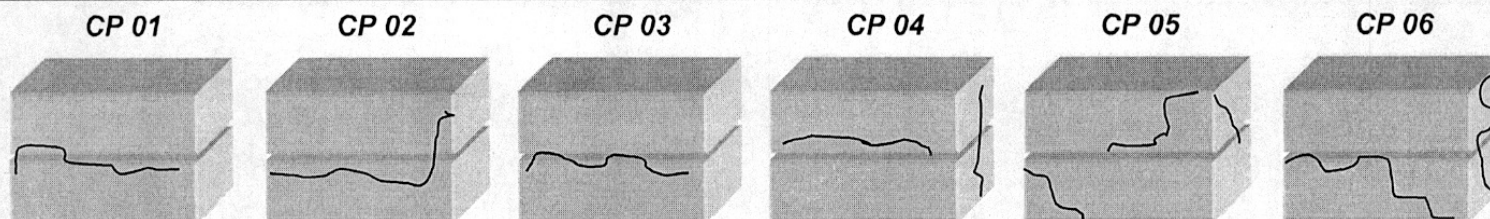
Resultados Obtidos:

Data do Ensaio: 14/01/2014

Idade (dias): 28

CP nº	Dimensões (mm)			Área Bruta (mm ²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência à Compressão (MPa)			Coef. de Variação (%)
	largura	altura	comprimento			Individual f_e	Média f_{em}	Característica $f_{ek,est}$	
	(b)	(h)	(l)						
01	141	395	391	55131	604384	11,0	9,3	6,1	19,2
02	141	396	390	54990	377360	6,9			
03	140	393	391	54740	595950	10,9			
04	140	394	390	54600	556920	10,2			
05	140	395	390	54600	532109	9,7			
06	140	395	391	54740	400994	7,3			

Modo de Ruptura:

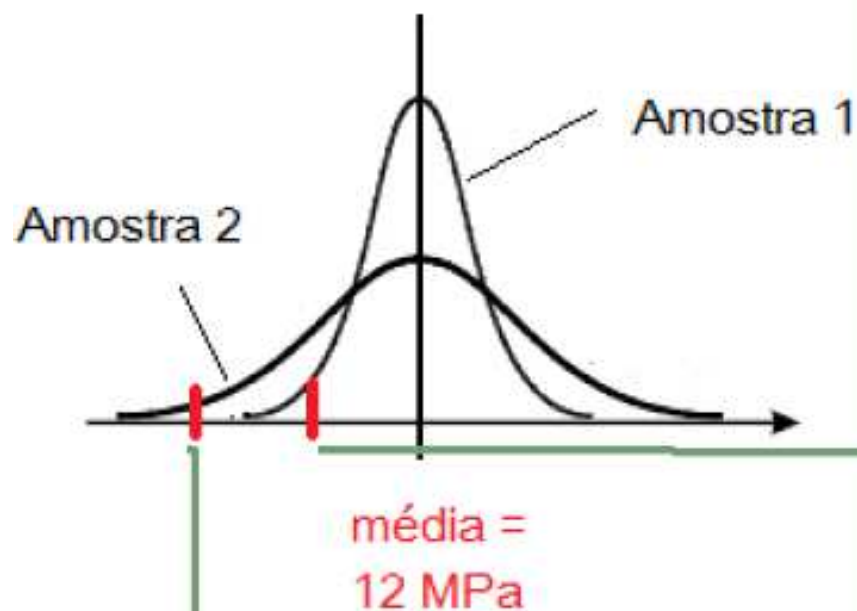


BLOCO DE MELHOR QUALIDADE FPK É MAIS PRÓXIMO DA MÉDIA

Historicamente $f_{pk} \sim 0,80 f_p$

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Fator de eficiência da alvenaria



Exemplo: Duas amostras de ensaios de 12 blocos

Amostra 1: resultados vão de 10 a 14 MPa, média de 12 MPa

$f_{bk} = 10,5 \text{ MPa}$

Amostra 2: resultados vão de 6 a 18 MPa, média de 12 MPa

$f_{bk} = 6,5 \text{ MPa}$

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Fator de eficiência da alvenaria

A MÉDIA NÃO DIZ MUITA COISA



Antes era comum especificar materiais (alvenaria até bem pouco tempo) pelo valor médio, mas amostras com muita variação de resistência eram simplesmente rejeitadas.



Hoje todas as normas de blocos estruturais indicam **valor característico** (fbk).

COMPORTAMENTO DE PRISMA

A RELAÇÃO PRISMA/BLOCO É O MAIS IMPORTANTE?

QUANTO MAIOR MELHOR?

A relação entre a resistência do prisma e do bloco é de interesse para o dimensionamento.



É um dado sobre como se comporta a alvenaria

Depende de vários fatores como:

- **Forma**
- **Resistência do material**
- **Espessura da junta**
- **Relação entre resistência da argamassa e do bloco.**



Bloco vazado de concreto, junta de 10 mm

$f_{bk} = 6,7 \text{ MPa}$, $f_{pk} = 5,50 \text{ MPa}$

$f_{pk} / f_{bk} \sim 0,82$

$f_{bk} = 26,7 \text{ MPa}$, $f_{pk} = 16,2 \text{ MPa}$,

$f_{pk} / f_{bk} \sim 0,61$

**Aumento da resistência do bloco
diminui a relação prisma/bloco.**

ALGUNS RESULTADOS



Bloco vazado de concreto, **junta colada**

$$f_{bk} = 6,58 \text{ MPa} , f_{pk} = 7,06 \text{ MPa},$$
$$f_{pk} / f_{bk} \sim \mathbf{1,07}$$

Ausência de junta muda o comportamento do prisma e da alvenaria

**A maior relação prisma/bloco NÃO
QUER DIZER MAIOR RESISTÊNCIA
DA PAREDE**

ALGUNS RESULTADOS



Uma vez que sei a resistência do prisma, a resistência da parede será 70% desta resistência (sempre)???



Ensaio de bloco, parede e prisma que fizemos recentemente com junta fina (colada) mostraram:

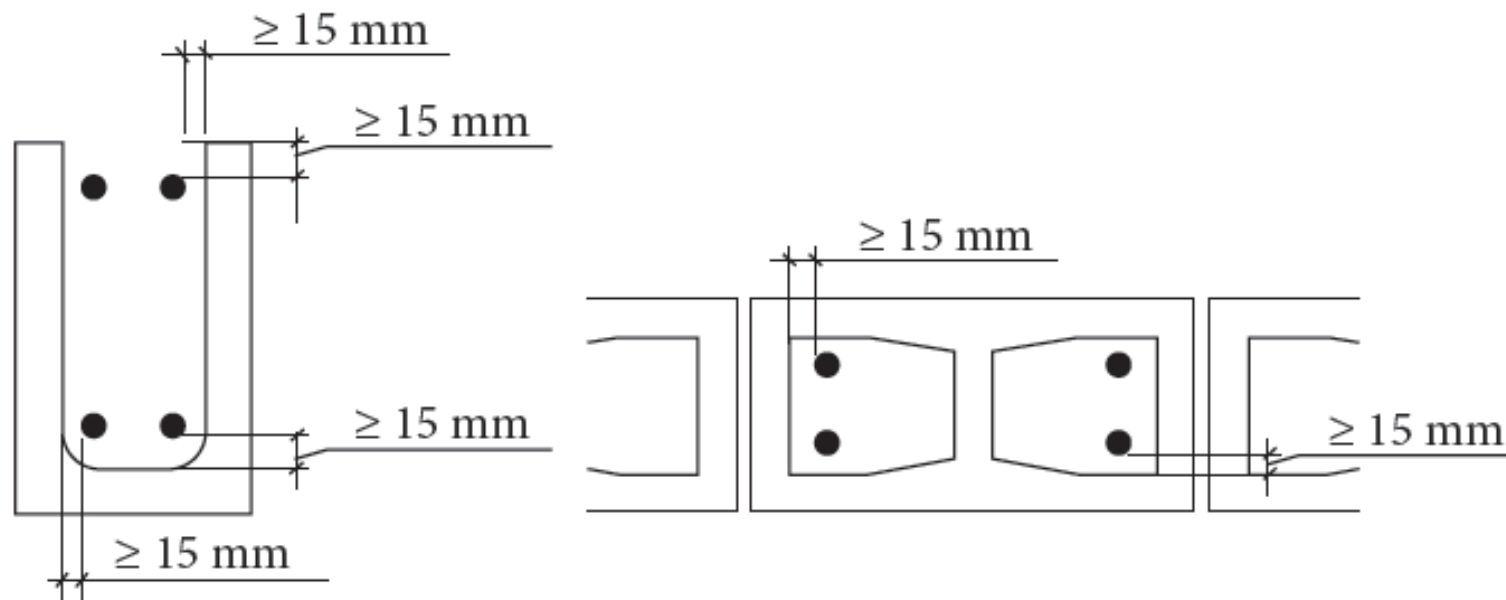
Relação prisma/bloco maior que 1,0

Relação parede/prisma bem menor que 0,7

JUNTA FINA É UM OUTRO TIPO DE ALVENARIA

PARÂMETROS DE PROJETO

Cobrimento mínimo da armadura



Para garantir o posicionamento destas, é possível o uso de espaçadores para alvenaria estrutural.

Área e diâmetros de armaduras mínimos e máximos

Armadura longitudinal (normal à seção):

— Paredes e vigas

- **0,10% $b \cdot d$ (armadura principal);**
- **0,05% $b \cdot d$ (armadura secundária);**
- **Pode-se dispensar a armadura secundária em paredes de contraventamento calculadas como alvenaria não armada;**
- **Recomenda-se calcular a armadura mínima considerando apenas a área da alma de paredes de contraventamento;**

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - ARMADURAS

Área e diâmetros de armaduras mínimos

– Pilares

- $0,30\% b \cdot d$ (armadura principal);

- Na junta de assentamento horizontal para esforços de fendilhamento, variações volumétricas ou para melhorar a ductilidade;

- $0,05\% t \cdot H$;

– Armadura transversal;

- $0,05\% b \cdot s$ (válido para casos em que há necessidade de estribos).

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - ARMADURAS

Área e diâmetros de armaduras máximas

Deve-se respeitar a armadura **máxima de 8% da área da seção a ser grauteada** (área do graute envolvendo a armadura, não contando a área do bloco), incluindo regiões de traspasse.

Deve-se respeitar os diâmetros de armadura máximos:

- Armadura na junta de assentamento: 6,3 mm.
- Demais casos: 25 mm.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - ARMADURAS



Área e diâmetros de armaduras mínimos e máximos

Máximo A_s por furo

$A_{s,max} = 8\%$ da área a ser grauteada

Bloco família

14 x 29 =

→ $A_g = 70 \text{ cm}^2$

14 x 39 =

→ $A_g = 105 \text{ cm}^2$

19 x 39 =

→ $A_g = 180 \text{ cm}^2$

14 x 29 → $A_{s,max} = 5,6 \text{ cm}^2$

14 x 39 → $A_{s,max} = 8,4 \text{ cm}^2$

19 x 39 → $A_{s,max} = 14,4 \text{ cm}^2$

com
emenda

1 x $\phi 16 \text{ mm}$

2 x $\phi 16 \text{ mm}$

3 x $\phi 16 \text{ mm}$

2 x $\phi 12,5 \text{ mm}$

3 x $\phi 12,5 \text{ mm}$

5 x $\phi 12,5 \text{ mm}$

3 x $\phi 10 \text{ mm}$

5 x $\phi 10 \text{ mm}$

9 x $\phi 10 \text{ mm}$

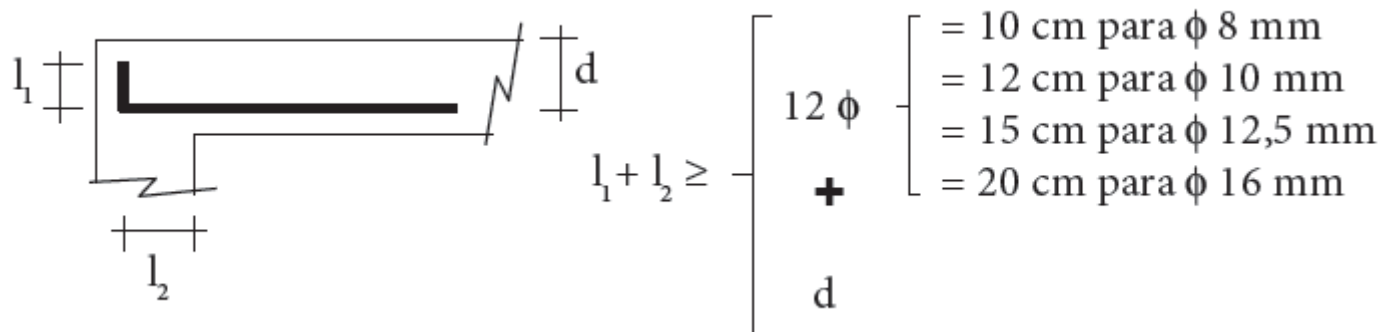
Quantidade máxima de barras de armadura por furo

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

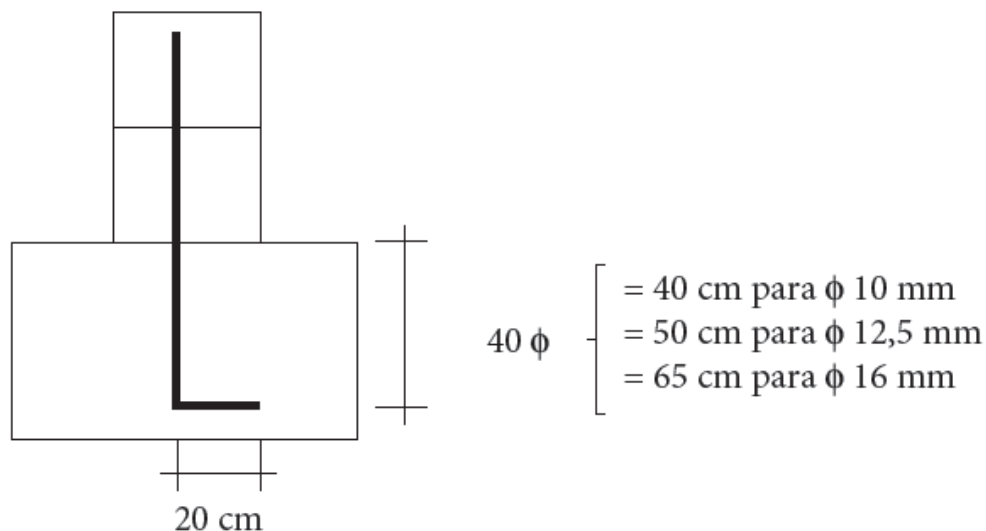
Parâmetros de projeto - ARMADURAS

Ancoragem e emendas de armaduras

Ancoragem sobre apoios:

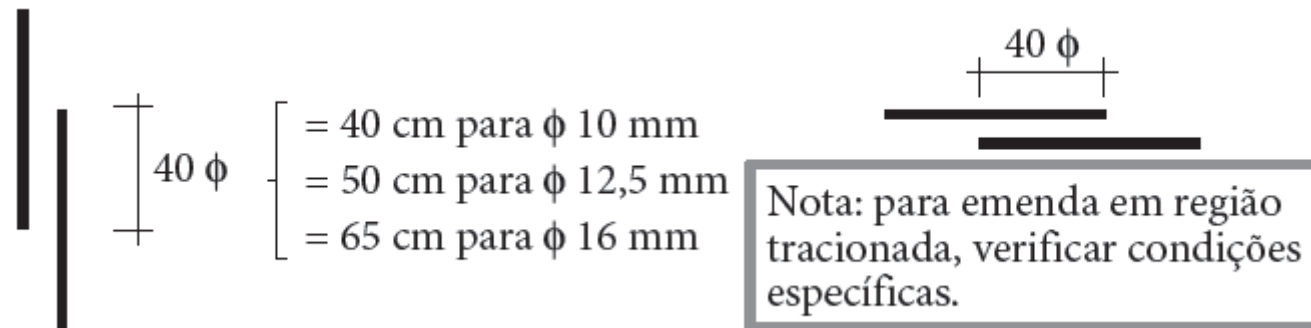


Esperas de armaduras verticais em estrutura de apoio :

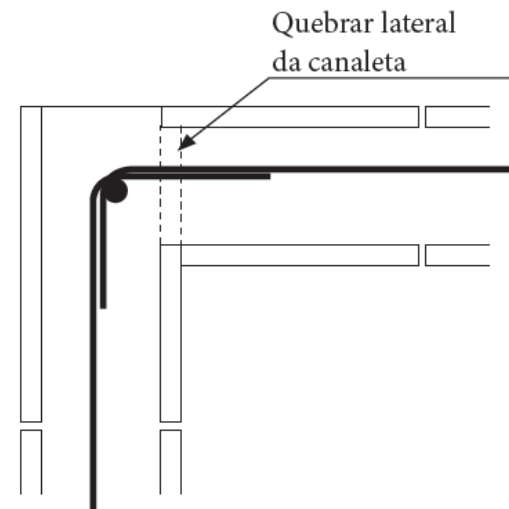


Ancoragem e emendas de armaduras

Comprimento mínimo de emendas:



Emendas em cantos de cintas:



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS

Juntas de dilatação

Juntas de dilatação têm como função principal **absorver os movimentos** que possam surgir na estrutura, provenientes principalmente da variação de **temperatura e retração**. Essas juntas devem ser previstas para evitar o aparecimento de fissuras em razão da variação volumétrica.

A junta de dilatação, ao contrário da junta de controle que é limitada ao elemento parede apenas, **se estende por toda a estrutura**, basicamente dividindo a edificação em duas ou mais partes.

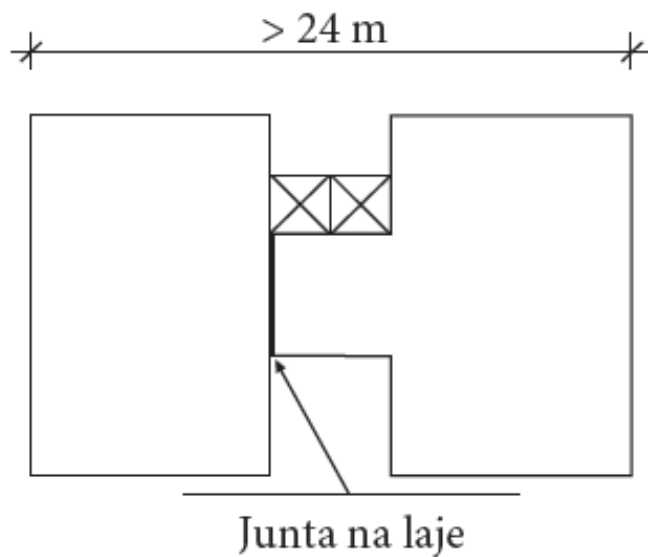
A nova Norma NBR 15961-1 recomenda que sejam previstas juntas de **dilatação no máximo a cada 24 m** da edificação em planta.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

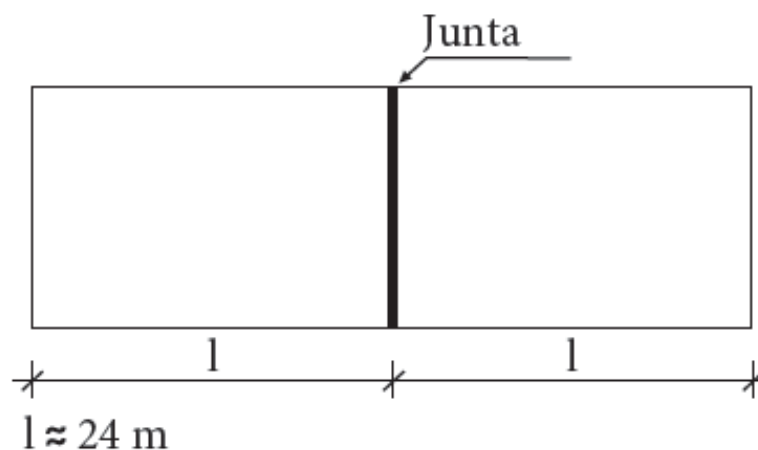
Parâmetros de projeto - JUNTAS

Juntas de dilatação

Detalhe de uma junta de dilatação



Detalhe de junta de dilatação



Juntas de dilatação

Em algumas situações é possível ter juntas com comprimento superiores a 24 m, devendo-se, nesse caso, tomar os cuidados a seguir e avaliar criteriosamente a forma da planta do prédio.

Separação das lajes:

- Em prédios altos, isto pode diminuir o efeito parede diafragma.**
- Uma opção seria a execução de juntas frias ou a utilização de barras de transferência.**

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS

Juntas de dilatação

Cuidados com a laje:

- **Reduzir a retração do concreto (laje):**
 - **Reduzir a relação a/c.**
 - **Reduzir o teor de argamassa.**
 - **Utilizar fibras.**
 - **Aumentar a quantidade de armaduras.**
 - **Controlar rigorosamente a cura.**

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS

Juntas de dilatação

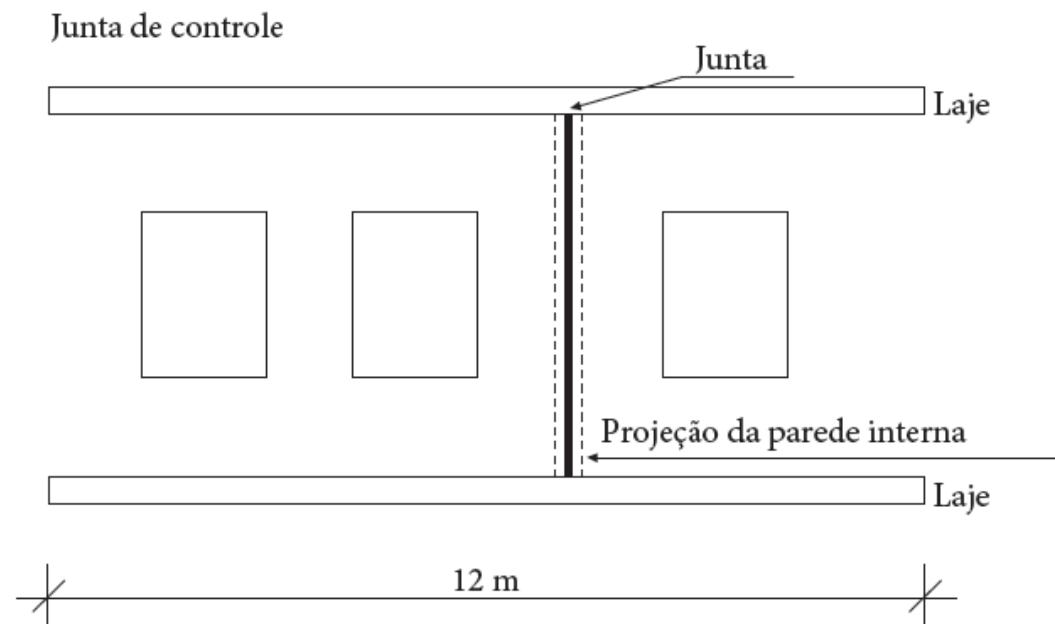
Cuidados com os blocos:

- **Blocos de concreto com menor retração (parede):**
 - **Utilizar blocos com cura a vapor e idade superior a 14 dias.**
 - **Em outros casos, só usar blocos com idade maior que 28 dias.**

Juntas de controle

Segundo a NBR 15961-1, deve ser analisada a necessidade da colocação de juntas verticais de controle de fissuração em elementos de alvenaria com a finalidade de prevenir o aparecimento de fissuras provocadas por:

- variação de temperatura;
- variação da altura ou da espessura da parede.
- retração higroscópica;
- variação brusca de carregamento;



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS



Juntas de controle

Localização do elemento	Limite (m)	
	Alvenaria sem armadura horizontal	Alvenaria com taxa de armadura horizontal maior ou igual a 0,04% da altura vezes a espessura
Externa	7	9
Interna	12	15
Nota 1: Os limites acima devem ser reduzidos em 15% caso a parede tenha abertura.		
Nota 2: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor, os limites devem ser reduzidos em 20% caso a parede não tenha abertura.		
Nota 3: No caso de paredes executadas com blocos não curados a vapor, os limites devem ser reduzidos em 30% caso a parede tenha abertura.		

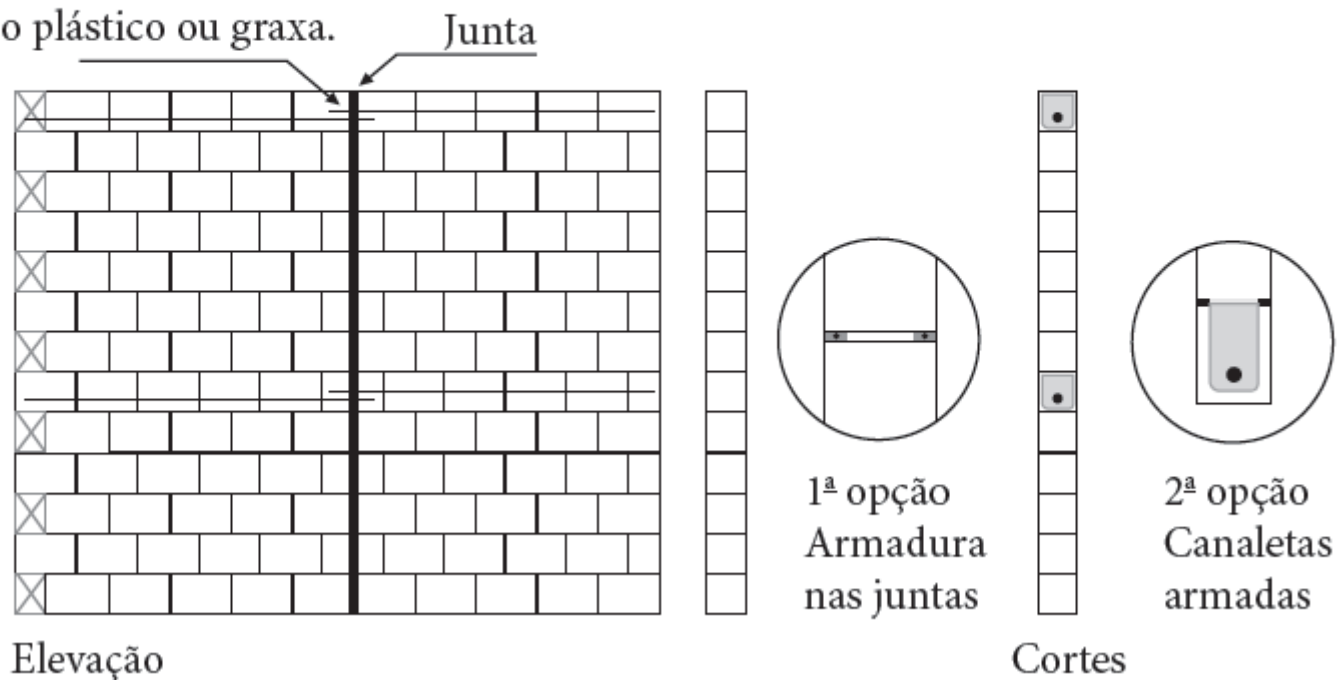
Limites para junta de controle (NBR 15961-1)

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS

Juntas de controle

Recomenda-se interromper 50% da armadura horizontal na junta ou inserir extremidades passantes pela junta em tubo plástico ou graxa.



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS

Laje do último pavimento

Com o objetivo de evitar que a dilatação térmica horizontal da laje do último pavimento cisalhe a alvenaria, originando fissuras, dois métodos distintos podem ser adotados.

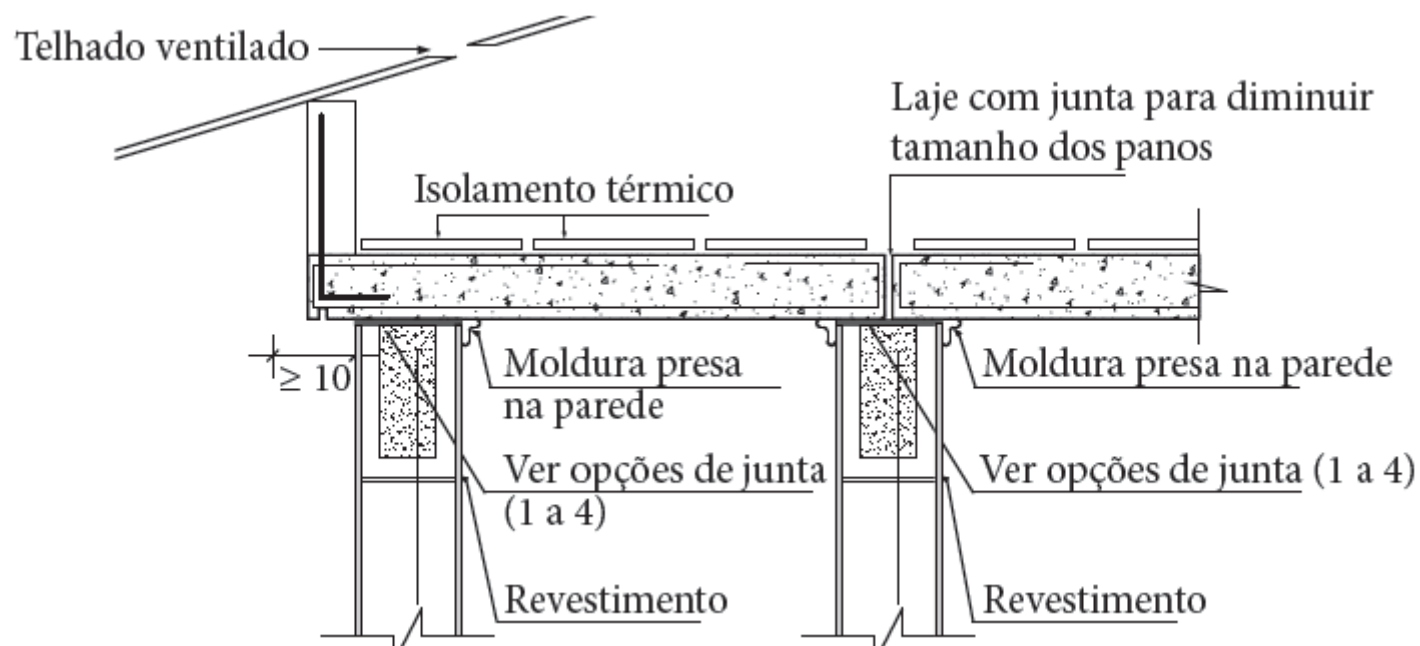
O primeiro, mais simples e geralmente mais econômico, consiste em liberar a movimentação horizontal da laje sobre a parede pela criação de uma **junta horizontal**.

O segundo método consiste em realizar uma efetiva **proteção térmica** da laje de cobertura, a ser realizado o mais breve possível, de forma a minimizar a movimentação horizontal.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS

Laje do último pavimento



Cuidados no último pavimento.






Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS



Laje do último pavimento

Opções para junta deslizante sob laje de cobertura.

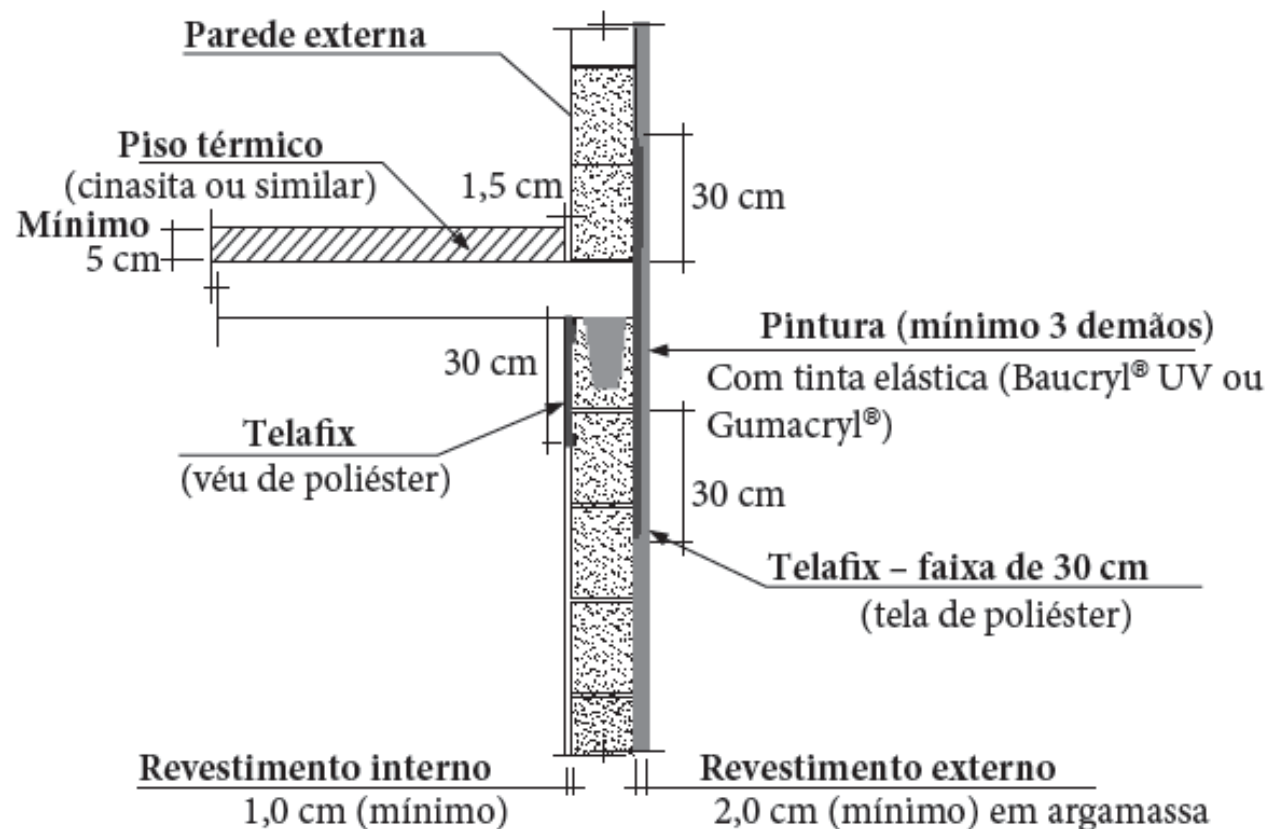
Opção	Tipo de junta deslizante	Detalhe	Observação
1	Manta + manta + manta	 <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p>	Manter o filme plástico da manta. Pode haver problema de durabilidade da manta.
2	Manta + PVC + manta	 <p>Manta asfáltica (3 mm)</p> <p>PVC</p> <p>Manta asfáltica (3 mm)</p>	Manter o filme plástico da manta na face do PVC. Pode haver problema de durabilidade da manta.
3	Fórmica + fórmica	 <p>Fórmica</p> <p>Fórmica</p>	Manter as faces de fórmica para dentro (fórmica em contato com fórmica).
4	Perfil de borracha		Deve-se conhecer o esforço na parede para verificar o perfil. Exemplo de fabricante: Borindus®.
5	Lona preta + PVC + lona preta + PVC + lona preta		

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto - JUNTAS

Laje do último pavimento — proteção térmica

Detalhe de execução de proteção térmica sobre a laje de cobertura.



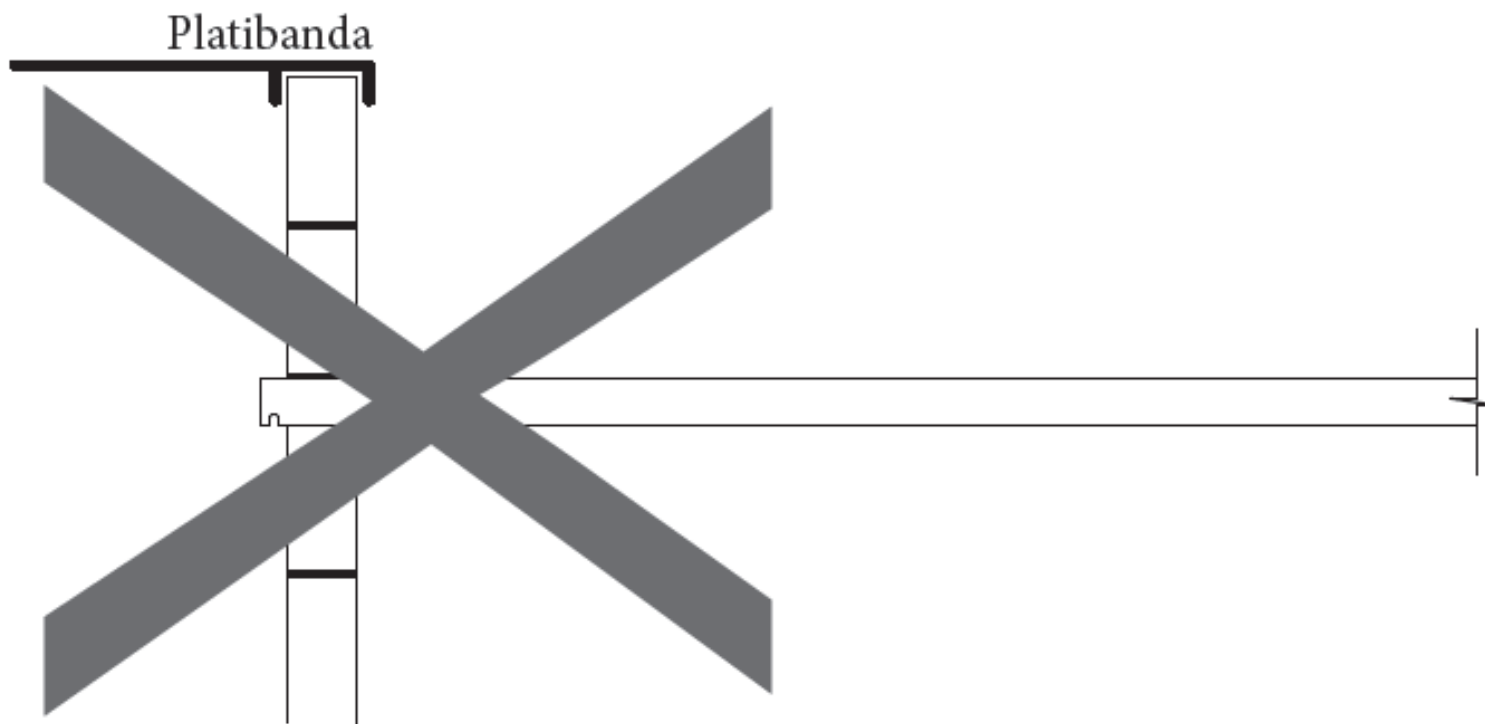
Nesse caso recomenda-se que a proteção seja feita o mais breve possível (três dias) após a concretagem da laje.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – **BALANCIM NA COBERTURA**

Respeitar especificações da NR18

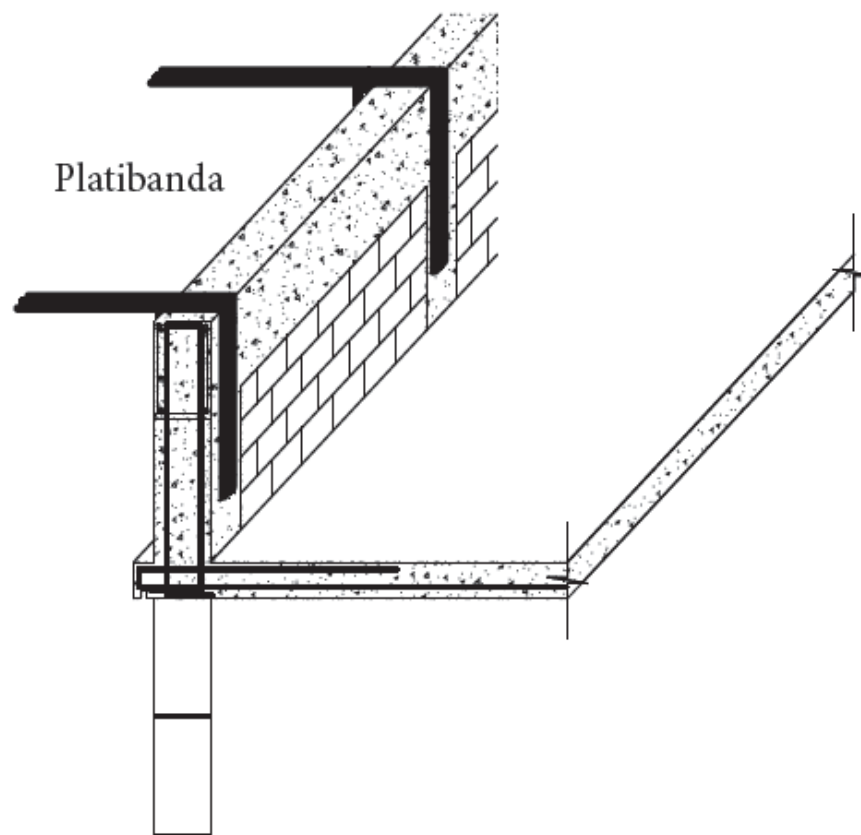
Balancim engastado em platibanda apenas em alvenaria **não é permitido**.



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – **BALANCIM NA COBERTURA**

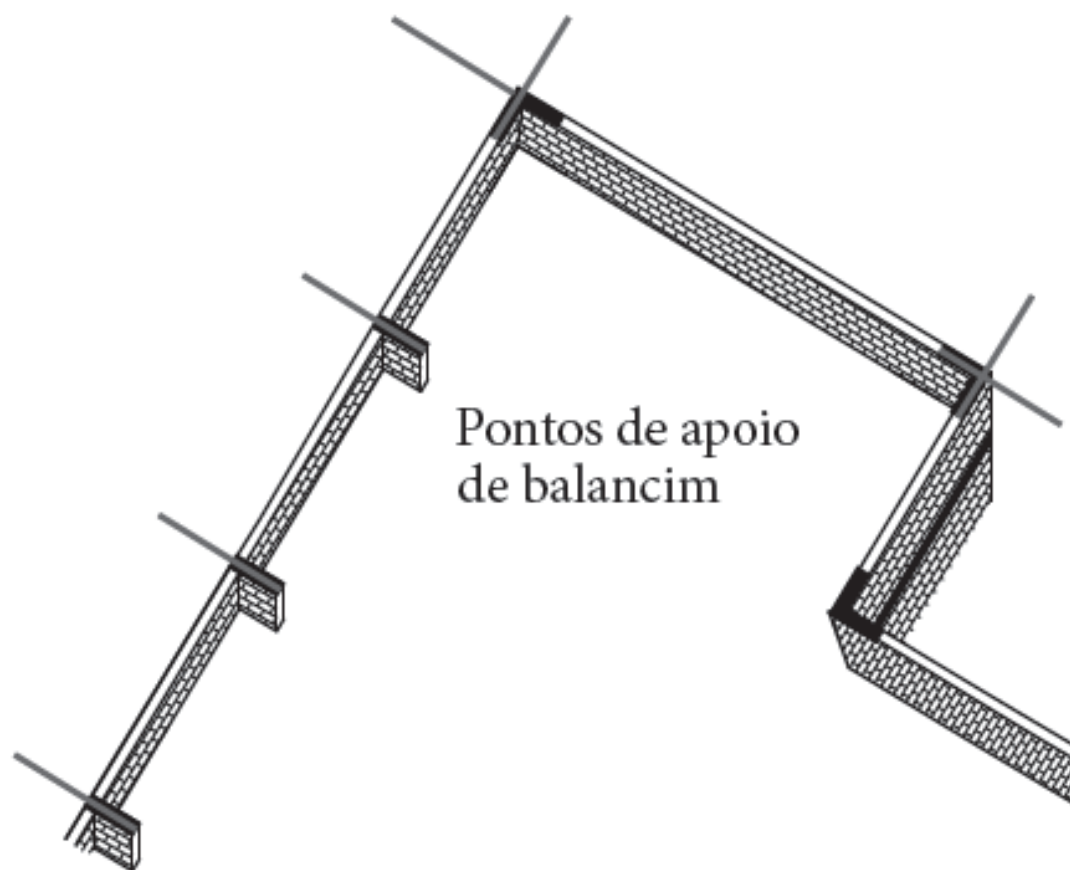
Balancim apoiando platibanda de pilares e viga de concreto armado engastados em laje maciça moldada no local.



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – **BALANCIM NA COBERTURA**

Balancim apoiado nos cantos de platibanda em alvenaria e em enrijecedores de alvenaria.



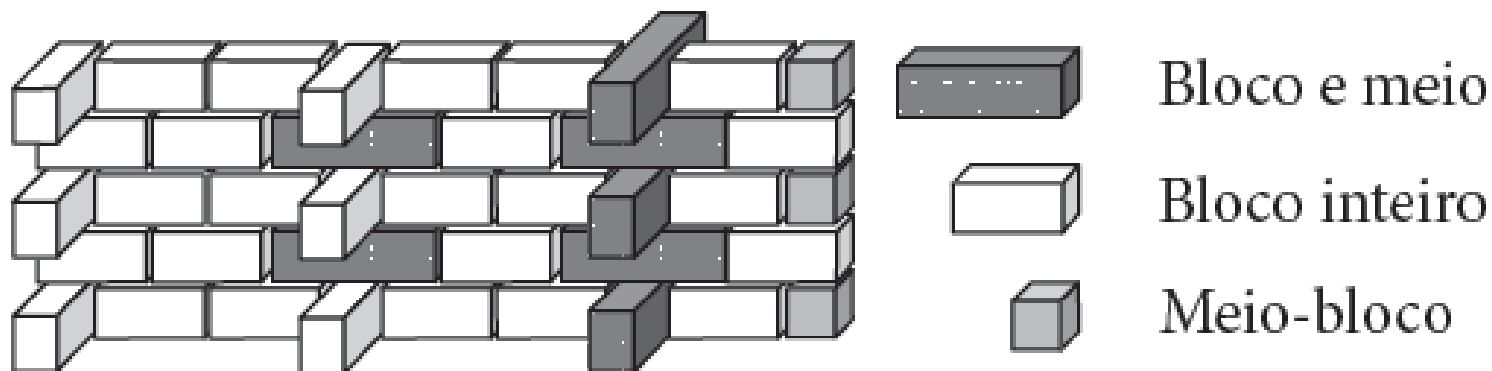
Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – AMARRAÇÃO

Amarração direta

É estritamente recomendado usar sempre a amarração.

- melhora a distribuição das cargas verticais
- permite a consideração das abas na determinação do momento de inércia das paredes de contraventamento, aumentando sobremaneira a **rigidez do edifício**.



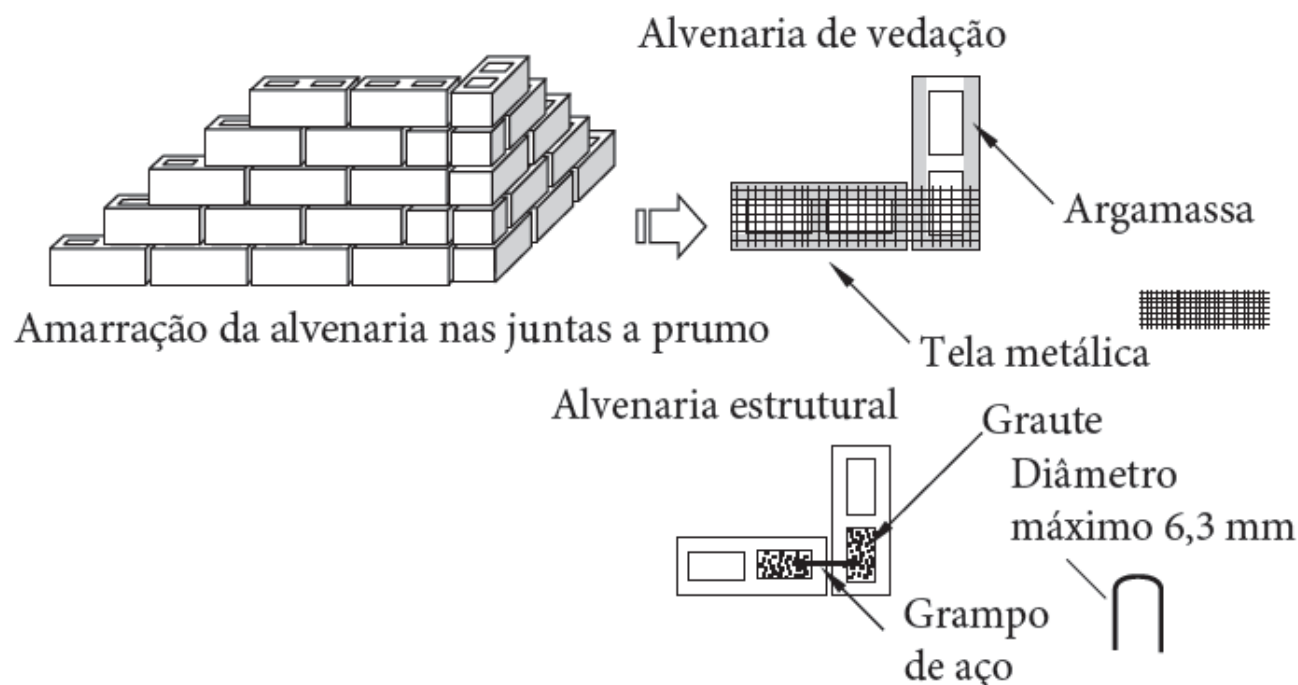
Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – AMARRAÇÃO

Amarração indireta

Apesar de não recomendada, caso o projetista opte pelo uso de amarração indireta, deve-se tomar os seguintes cuidados:

- Evitar que a parede não tombe sob a ação do vento durante a construção (prever apoios laterais temporários).
- Na amarração de paredes estruturais, utilizar armaduras em forma de U.

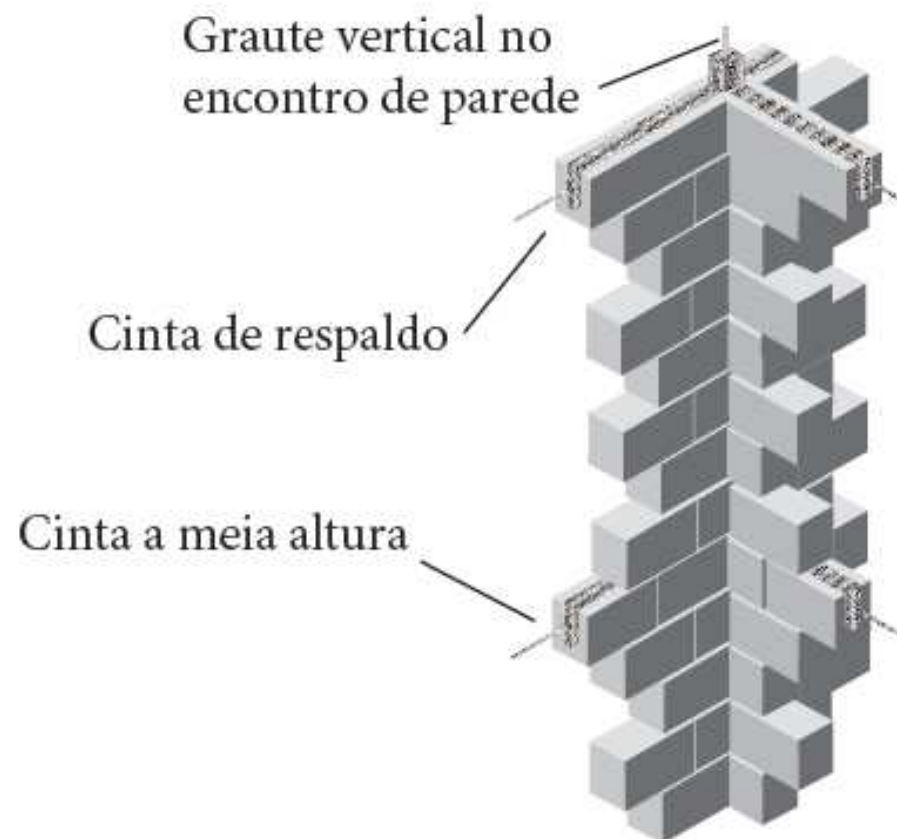


Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – CINTA INTERMEDIÁRIA

Recomendada nas seguintes situações:

- Em regiões onde há previsão da ação sísmica (incomum no Brasil).
- Para permitir armadura horizontal e minimizar os efeitos da retração da parede.



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – CINTA INTERMEDIÁRIA

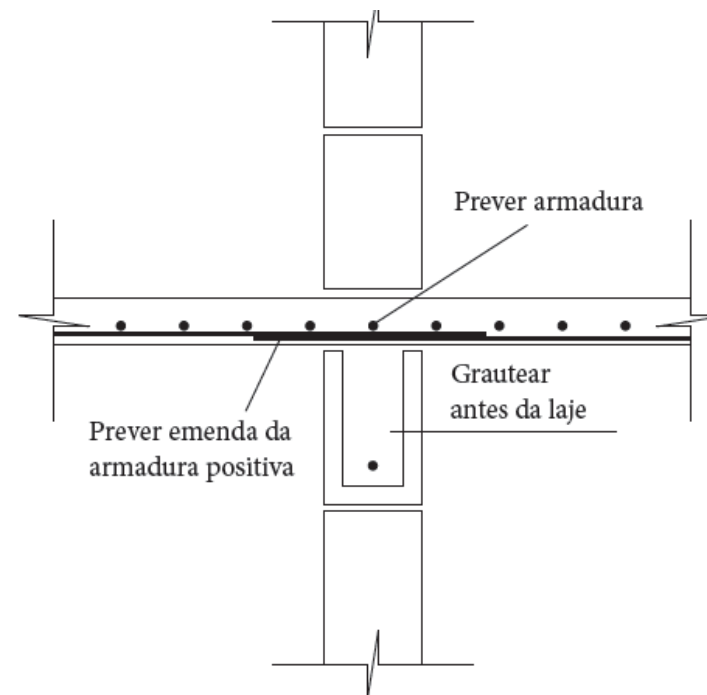
Recomenda-se o uso de cintas intermediárias, armadas com uma barra de 10 mm nos seguintes casos:

- **Em paredes externas acima de 6,0 m de comprimento.**
- **Em paredes internas de comprimento superior a 10,0 m.**
- **Esses limites podem ser aumentados para 7,0 e 12,0 m se os blocos forem curados a vapor.**

Cuidado na execução da cinta intermediária:

- **A resistência da canaleta deve ser a mesma do bloco.**
- **Deve-se prever passagem para eletrodutos verticais.**

- Normalmente, o simples apoio da laje sobre uma canaleta grauteada (sem a necessidade de armadura vertical de ligação) é suficiente para transmitir os esforços verticais e horizontais (por atrito).
- A cinta de respaldo deve ser sempre posicionada na última fiada, e deve ser grauteada antes da concretagem da laje.
- Sobre os apoios intermediários deve-se fazer o detalhe de emenda das armaduras positivas e dimensionar o painel considerando a possibilidade de o apoio não existir (colapso de uma parede)



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto — ARMADURA VERTICAL

A armadura de canto, em encontros de paredes, é necessária em algumas situações, apesar de ser de difícil execução.

Essa armadura é construtiva, geralmente igual a uma barra de 10 mm.

Recomenda-se incluir a mesma armadura construtiva de uma barra de 10 mm nos encontros de paredes principais, incluindo:

- paredes que precisaram de armaduras em andares inferiores;
- paredes com comprimento superior a 3,5 m;
- paredes isoladas sem travamento lateral com outra parede.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto — VERGAS E CONTRA-VERGAS

As armaduras das vergas devem sempre ser dimensionadas.

Na contra-verga, a armadura é construtiva, geralmente uma barra de 10 mm ou treliça TR 08.

O comprimento mínimo dos apoios deve ser este:

Vergas:

- Até 1,0 m de comprimento = 15 cm;**
- Acima de 1,0 m = 30 cm.**

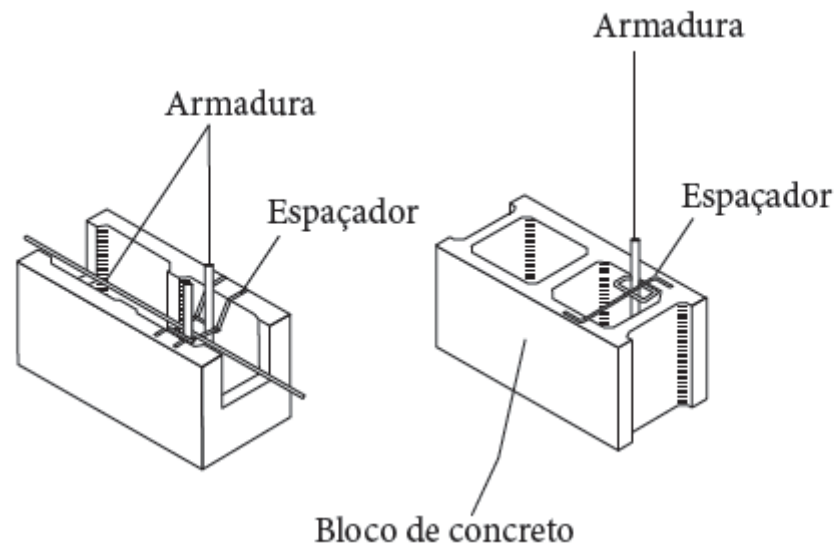
Contravergas: 30 cm.

Com esses detalhes entende-se não ser imprescindível o uso de grauteamento e armadura vertical ao lado de aberturas.

Para o uso de armadura em barra sugere-se padronizar o valor mínimo de uma barra de 10 mm.

O uso de armadura em treliça espacial (TR) tem as seguintes vantagens:

- Incorporar armadura de combate ao cisalhamento, importante quando a cinta de respaldo é dimensionada para evitar o colapso progressivo.
- Facilitar o posicionamento da armadura, impedindo que a barra inferior seja, de forma errada, alocada no fundo da canaleta (deve-se respeitar o cobrimento mínimo a partir do fundo da canaleta igual a 1,5 cm).



USO DOS ESPAÇADORES

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto — JUNTAS DE ASSENTAMENTO

Junta de assentamento horizontal:

A junta de assentamento horizontal de 10 mm de altura deve ser disposta apenas nas laterais ou sobre toda a face do bloco, conforme acordado entre a obra e o projeto.

Junta de assentamento vertical:

A junta vertical deve ser preenchida sempre.

Para edifícios de até 5 pavimentos, o preenchimento da junta pode ser posterior à elevação total da parede (15 dias após), porém reduz a resistência ao cisalhamento.

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

Parâmetros de projeto – TABELA DE RESISTÊNCIAS SUGERIDA



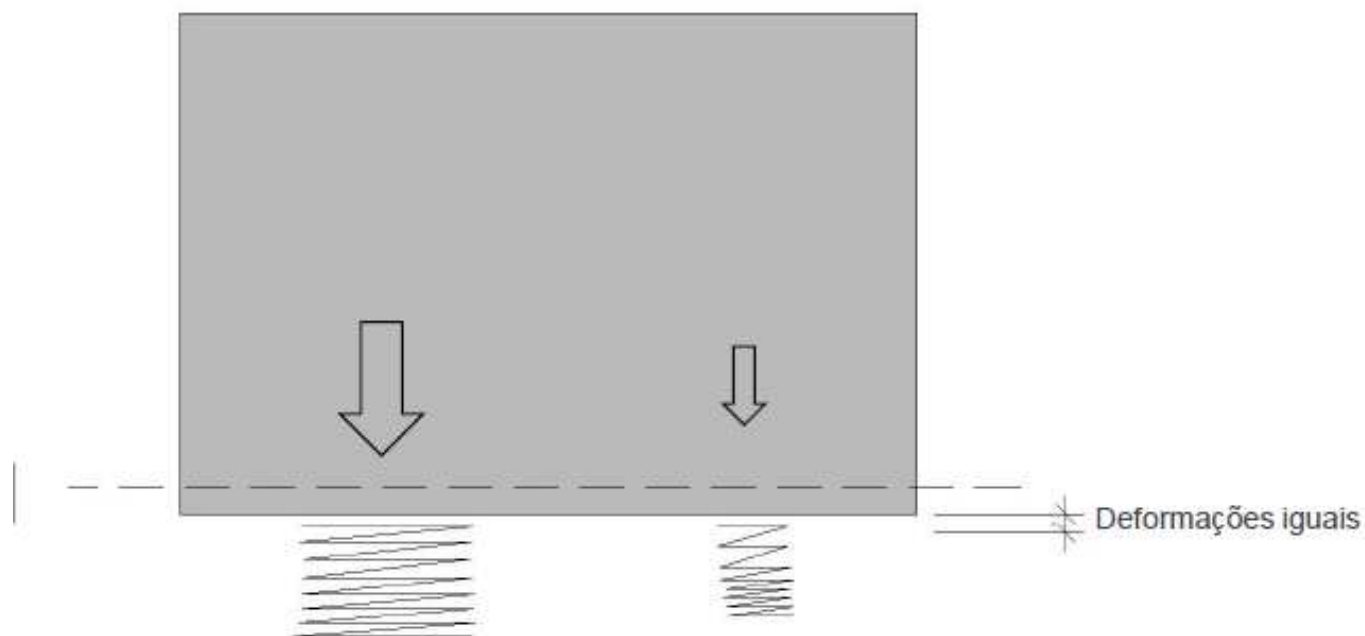
MPa, área bruta							Carga máxima (kN/m) para hef = 2,8 m			
f_{bk}	f_a	f_{gk}	f_{pk}/f_{bk}	f_{pk}	f_{pk}^*/f_{pk}	f_{pk}^*	Sem graute, argamassa em toda a face do bloco	Sem graute, argamassa lateral	Com graute em todos os furos	Com graute a cada dois furos
Observação: paredes com graute construídas com argamassa em toda a face do bloco										
3,0	4,0	15,0	0,80	2,40	2,00	4,80	74	59	147	110
4,0	4,0	15,0	0,80	3,20	2,00	6,40	98	78	196	147
6,0	6,0	15,0	0,80	4,80	1,75	8,40	147	118	257	202
8,0	6,0	20,0	0,80	6,40	1,75	11,20	196	157	343	270
10,0	8,0	20,0	0,75	7,50	1,75	13,13	230	184	402	316
12,0	8,0	25,0	0,75	9,00	1,60	14,40	276	221	441	358
14,0	12,0	25,0	0,70	9,80	1,60	15,68	300	240	480	390
16,0	12,0	30,0	0,70	11,20	1,60	17,92	343	274	549	446
18,0	14,0	30,0	0,70	12,60	1,60	20,16	386	309	617	502
20,0	14,0	30,0	0,70	14,00	1,60	22,40	429	343	686	557

Em que:

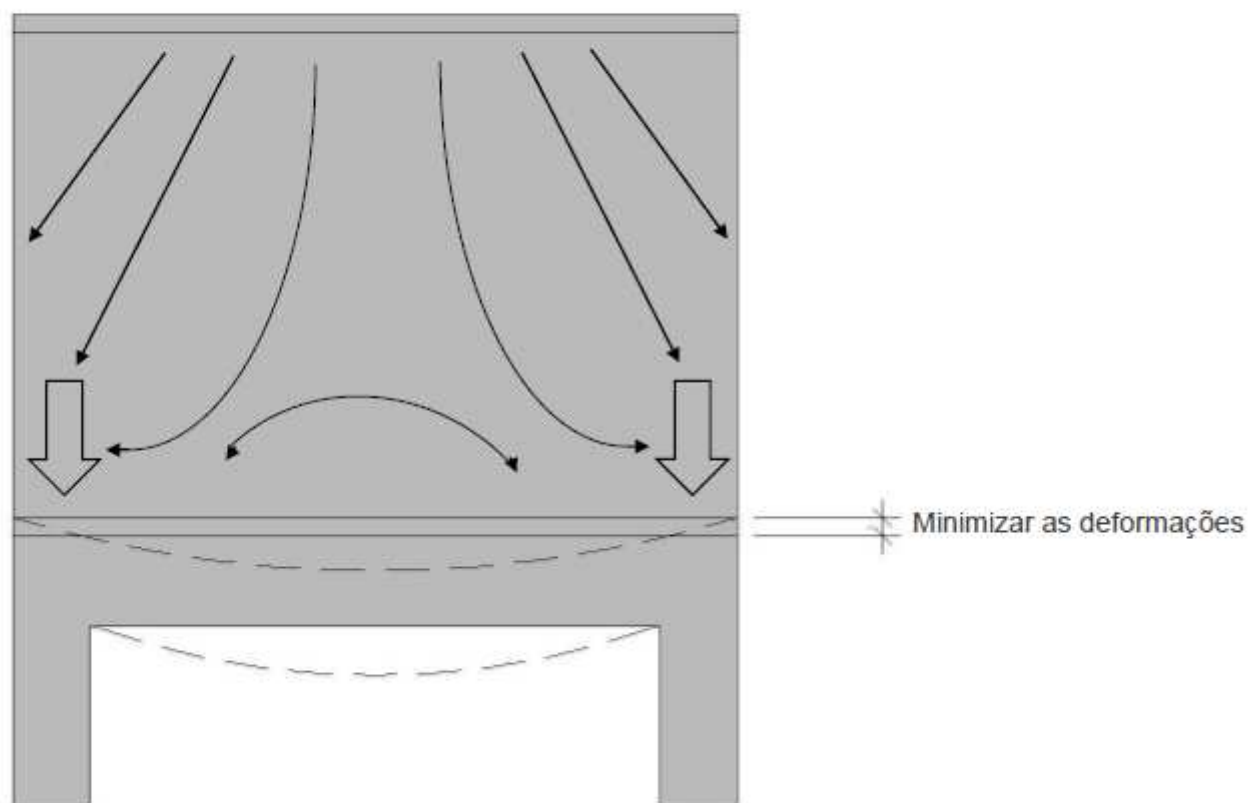
f_a = resistência média à compressão da argamassa;
 f_{bk} = resistência característica à compressão do bloco;
 f_{gk} = resistência característica à compressão do graute;
 f_{pk} = resistência característica à compressão do prisma oco;
 f_{pk}^* = resistência característica à compressão do prisma cheio.
 Blocos de 14 cm de espessura.

EFEITO ARCO

Equilíbrio de deformações

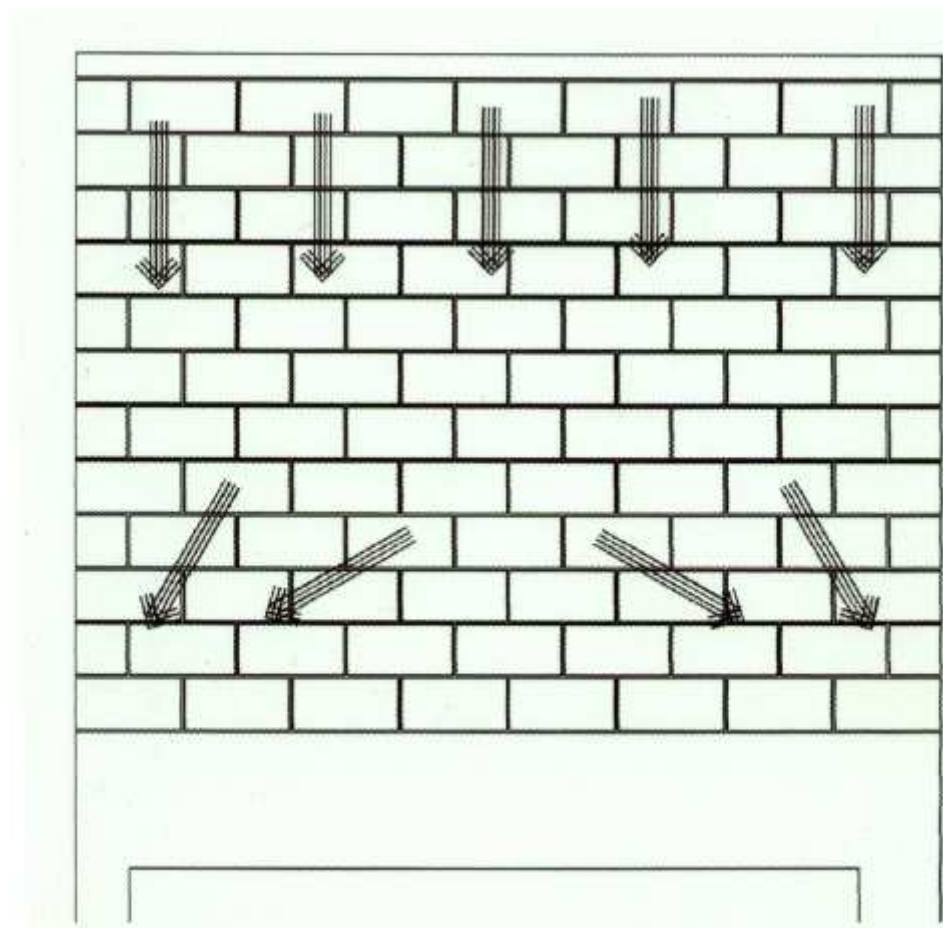


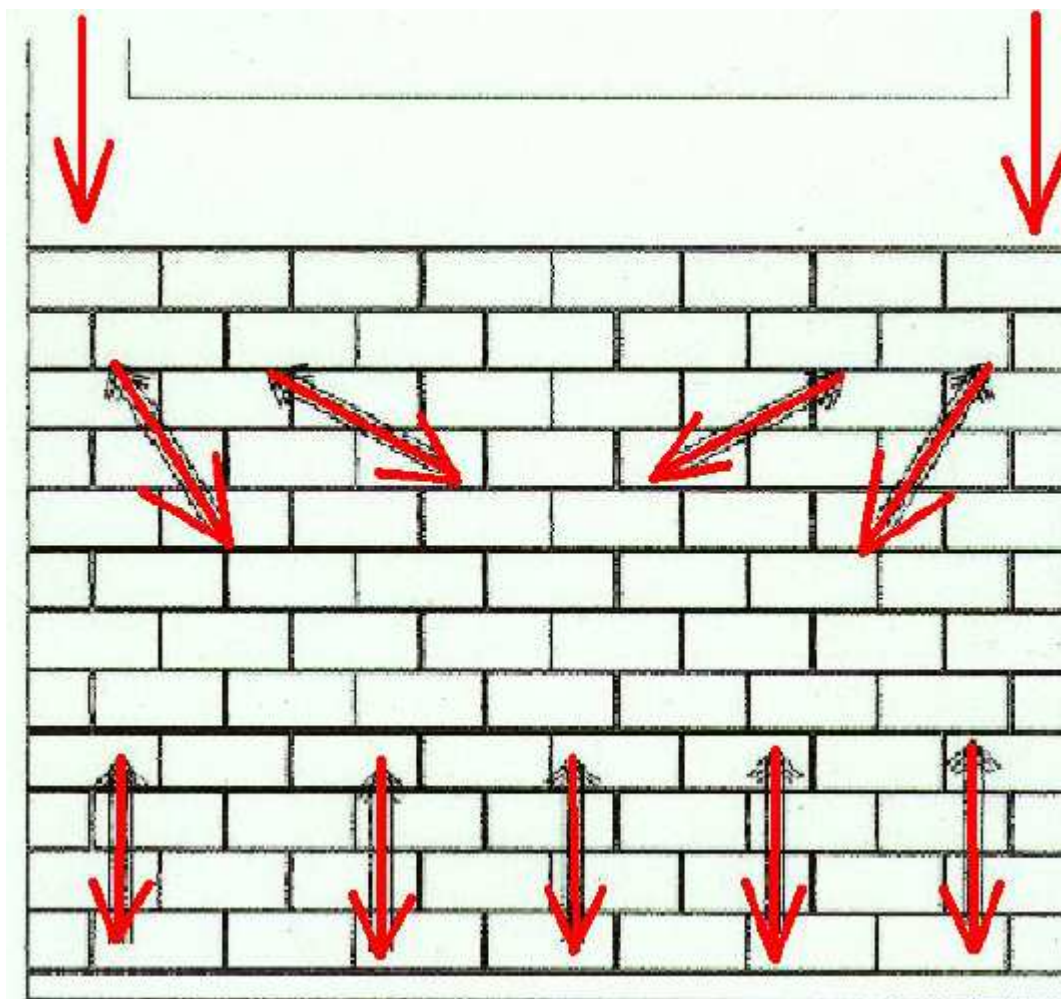
ARCO CLÁSSICO



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

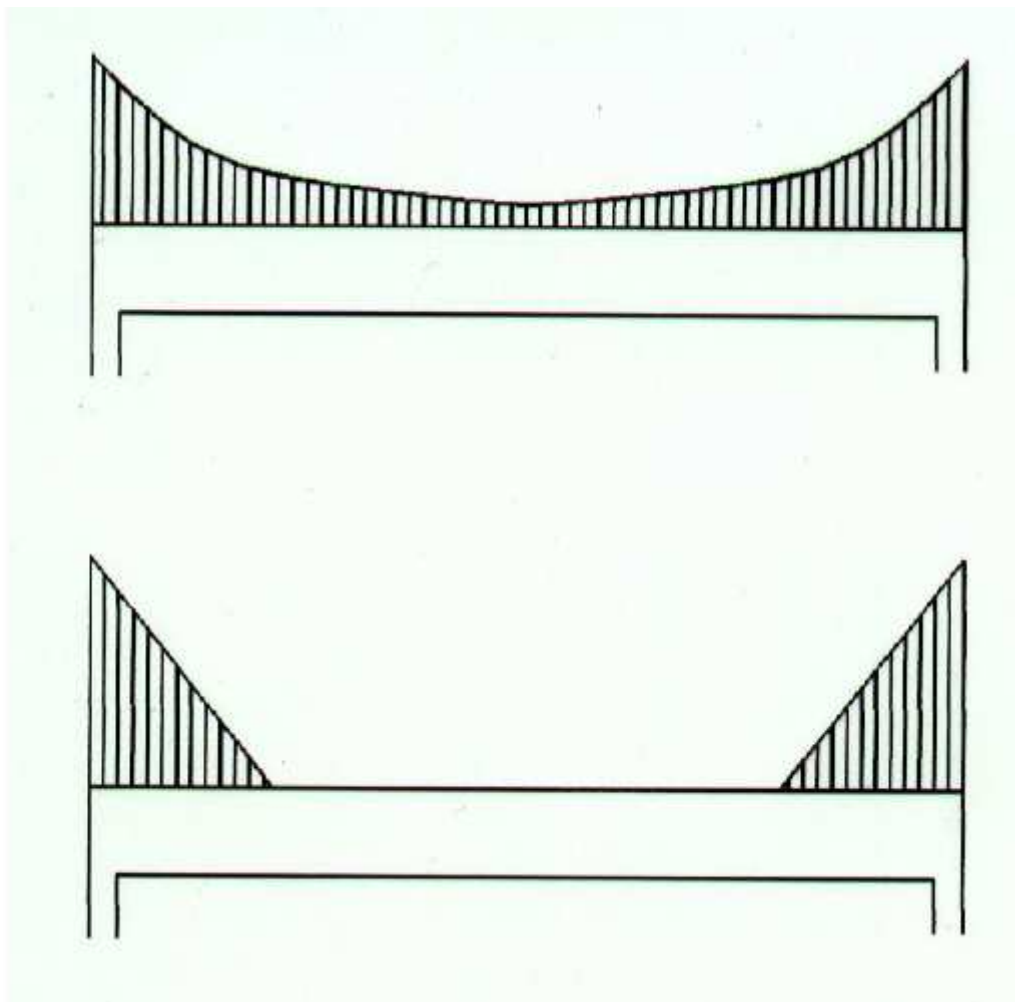
EFEITO ARCO

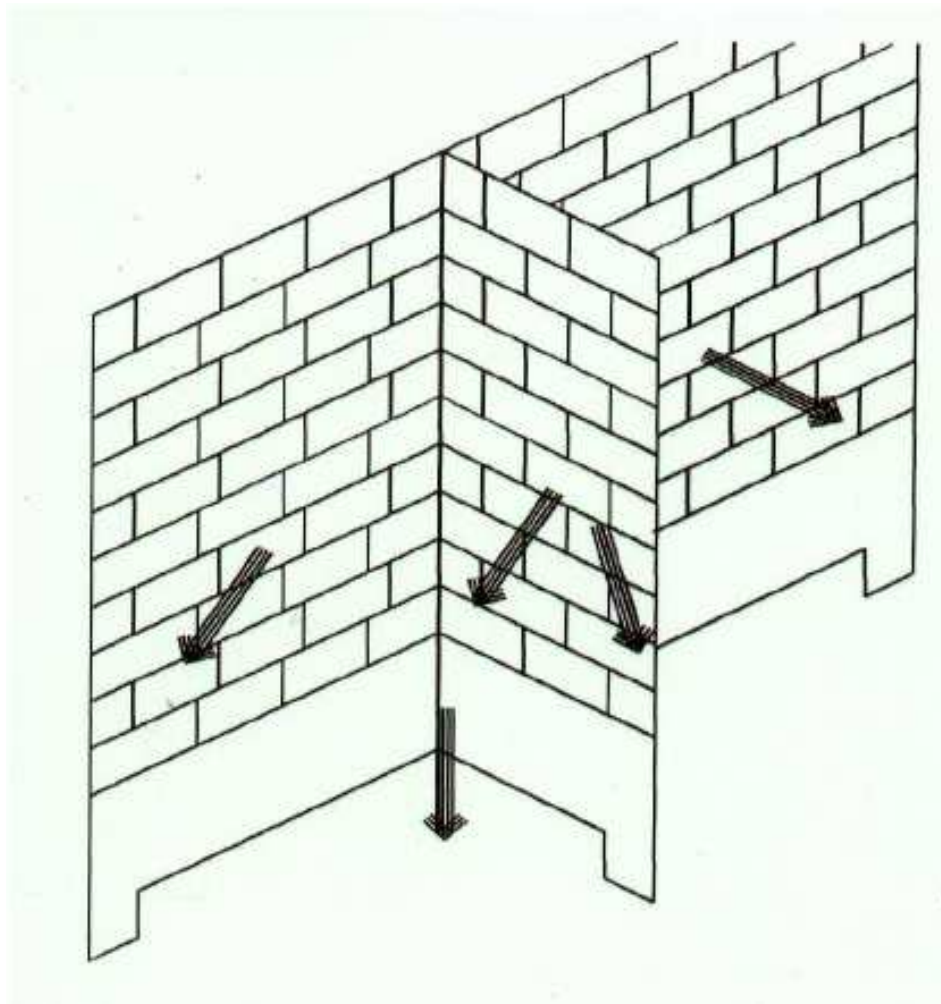




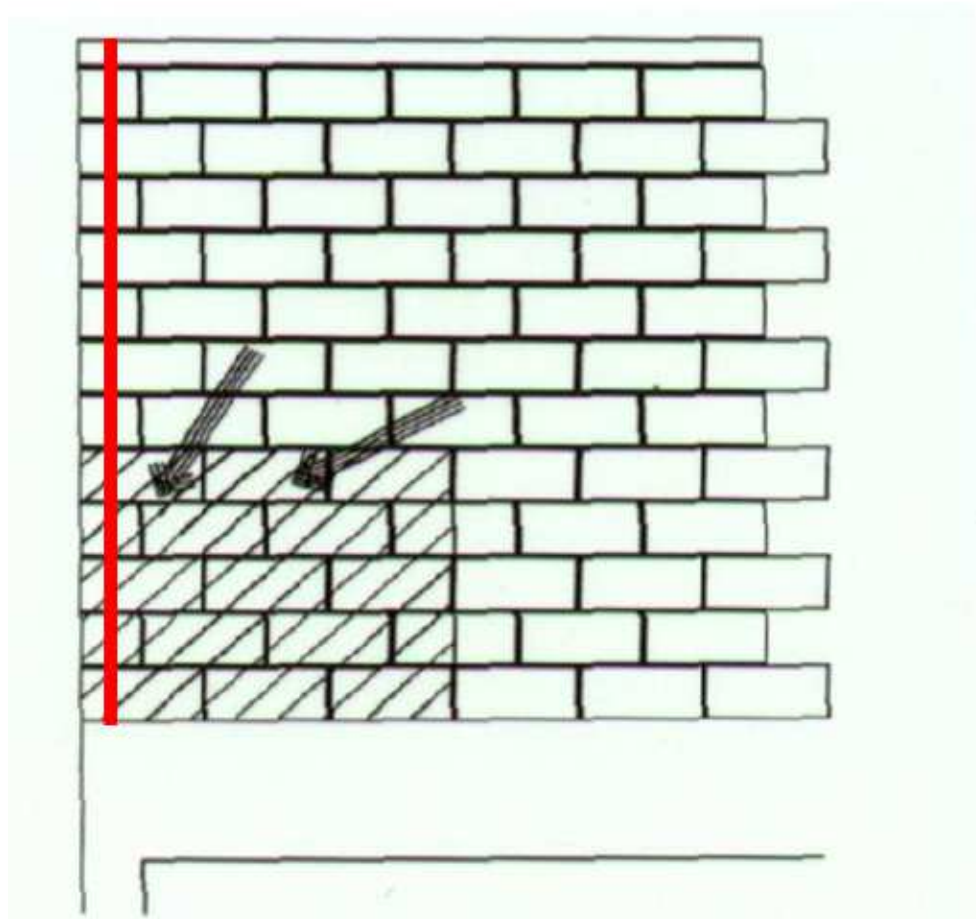
A carga total
apóia-se na
viga em dois
triângulos

Lc depende da
rigidez relativa
entre a viga e a
parede





Concentração de tensões



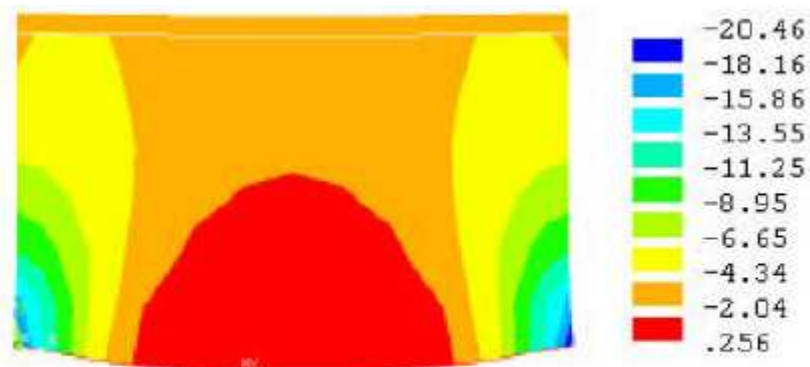
Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

EFEITO ARCO

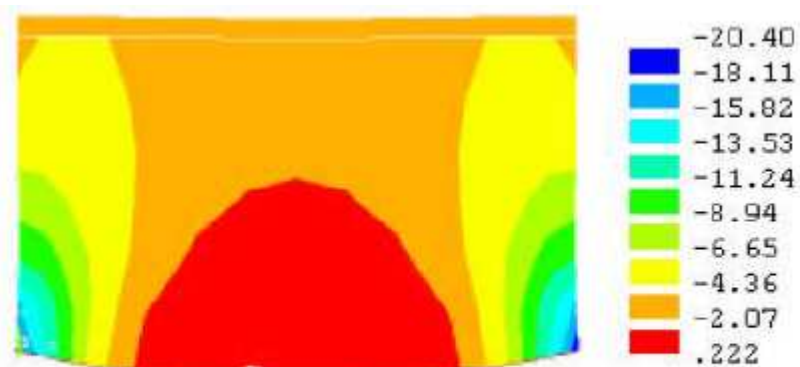


Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

EFEITO ARCO

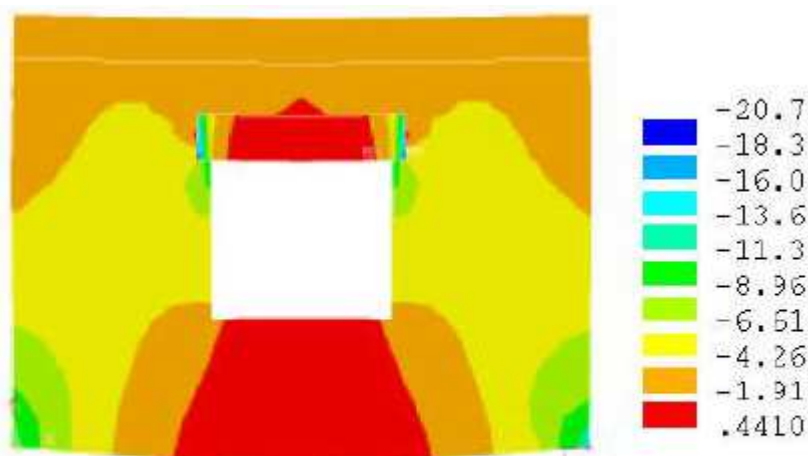


(a) Modelo com elementos de contato

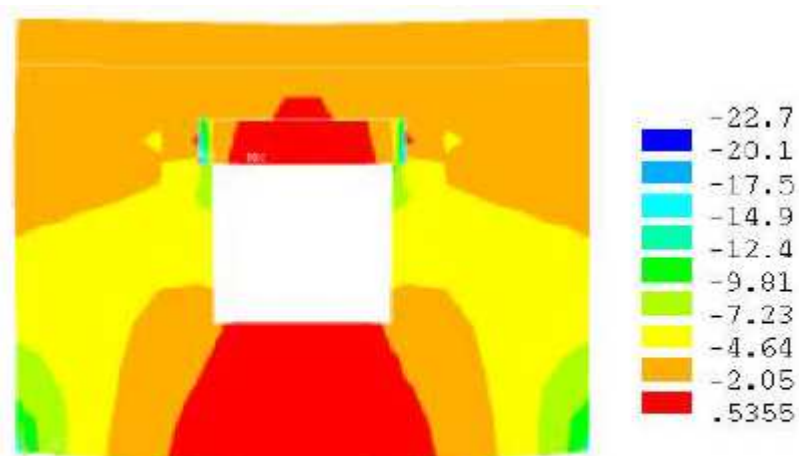


(b) Modelo sem elementos de contato

*Tese EESC - 2000
Palmira Cordeiro Barbosa
Prof. Marcio Ramalho*



(a) Modelo 1 – Tensões verticais na parede
(10^{-1} kN/cm²)



(b) Modelo 2 - Tensões verticais na parede
(10^{-1} kN/cm²)

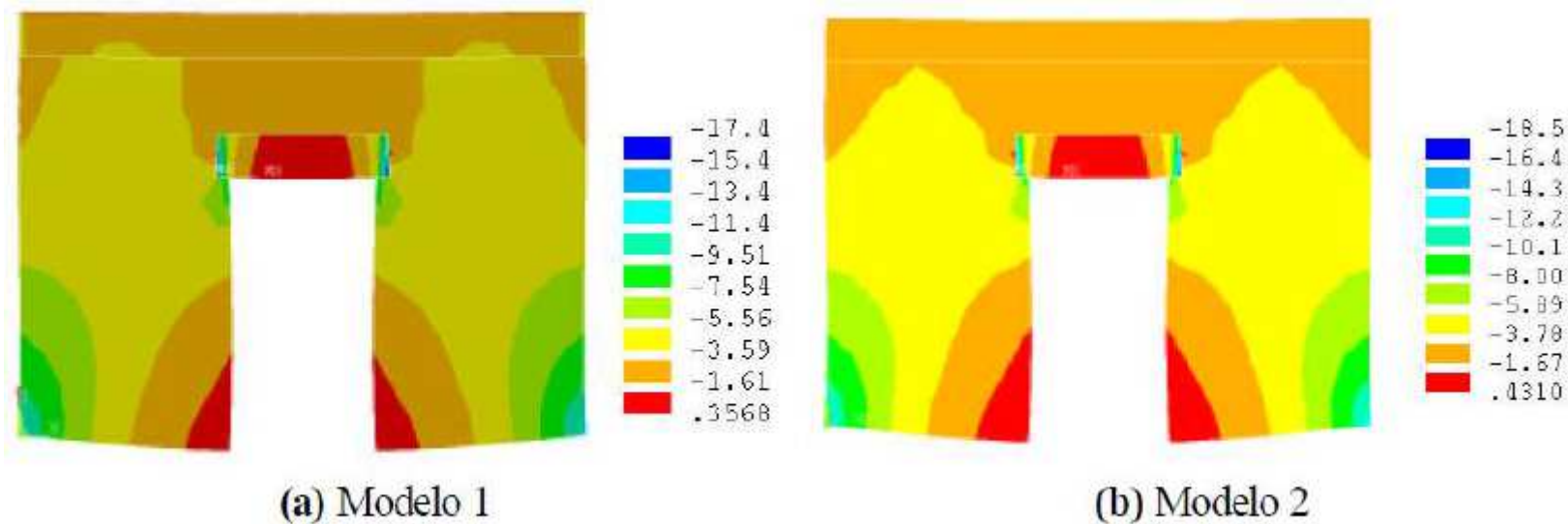


Figura 5.10 Parede 7 (Davies e Ahmed) - Distribuição de tensões verticais na parede

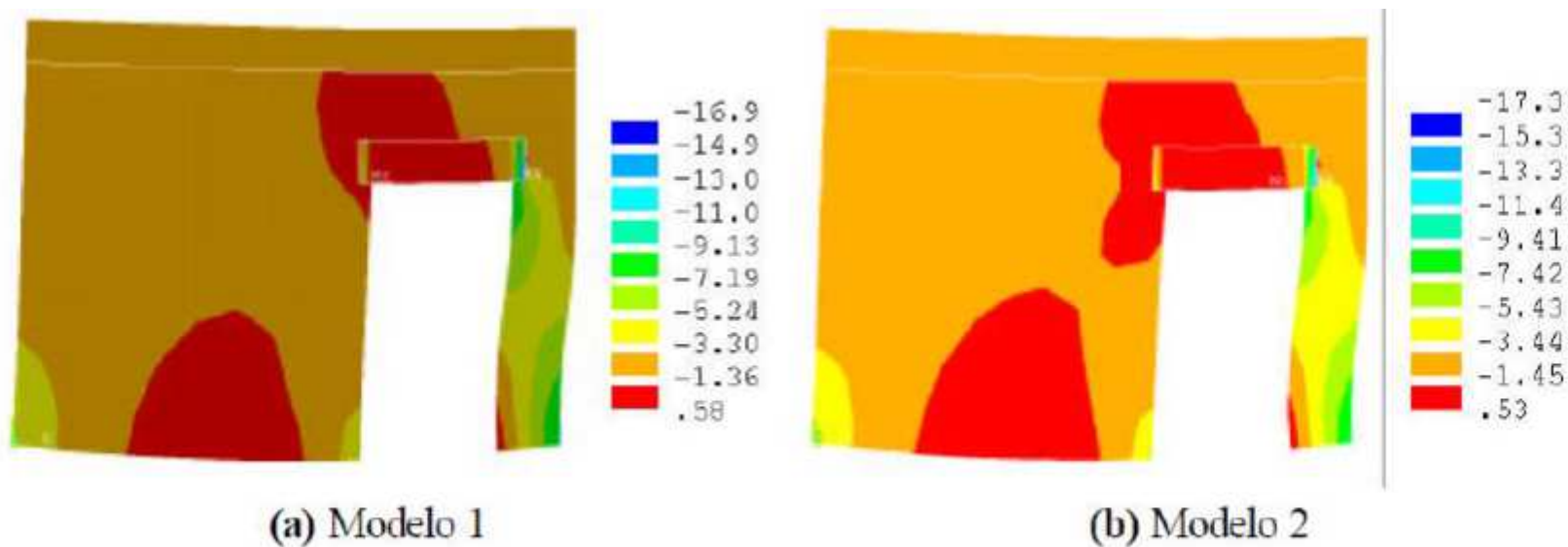
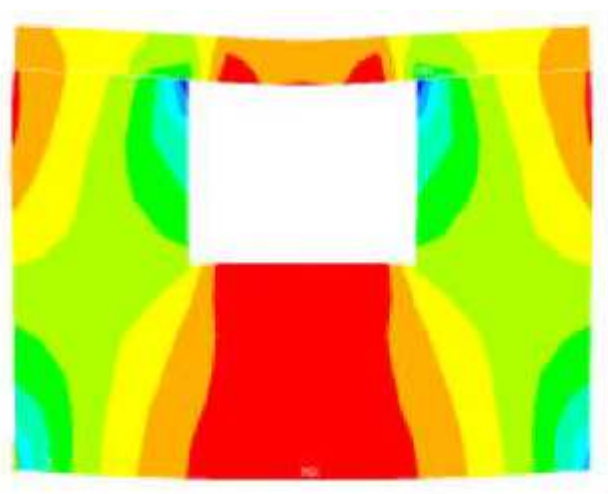
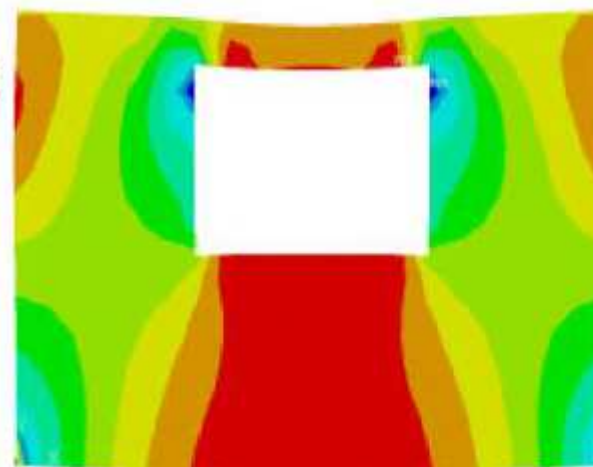
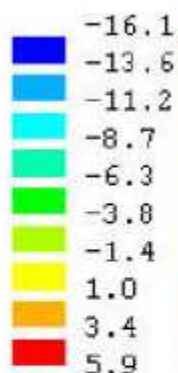


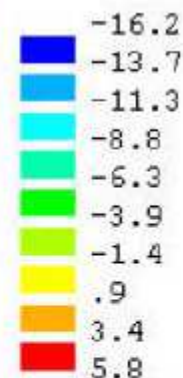
Figura 5.12 Parede 8 - Distribuição de tensões verticais na parede (10^{-1} kN/cm²)



(a) Modelo 1 - Tensões verticais na parede
(10^{-1} kN/cm²)

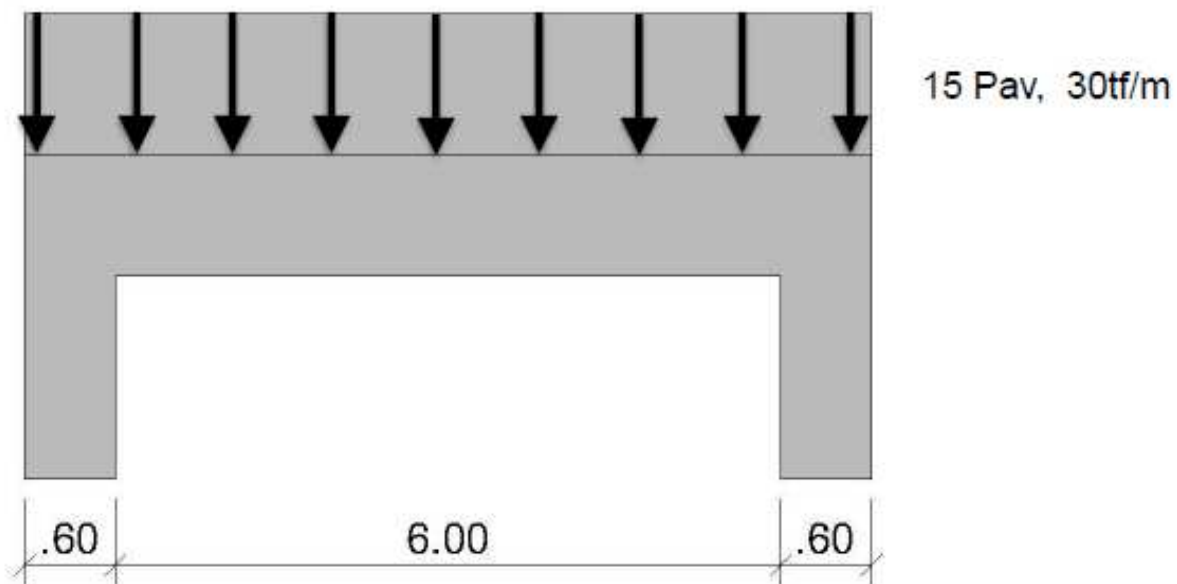


(b) Modelo 2 - Tensões verticais na parede
(10^{-1} kN/cm²)



Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

EFEITO ARCO



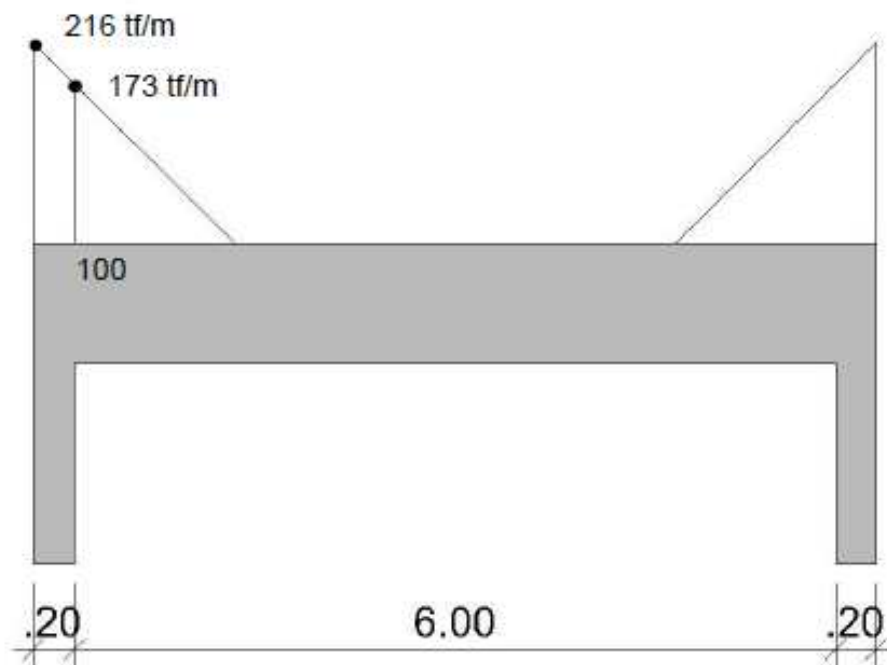
Viga 30 X 150

$A_s = 8 \Phi 25$

$A_{st} = E \Phi 12,5 \text{ c/ } 10$

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

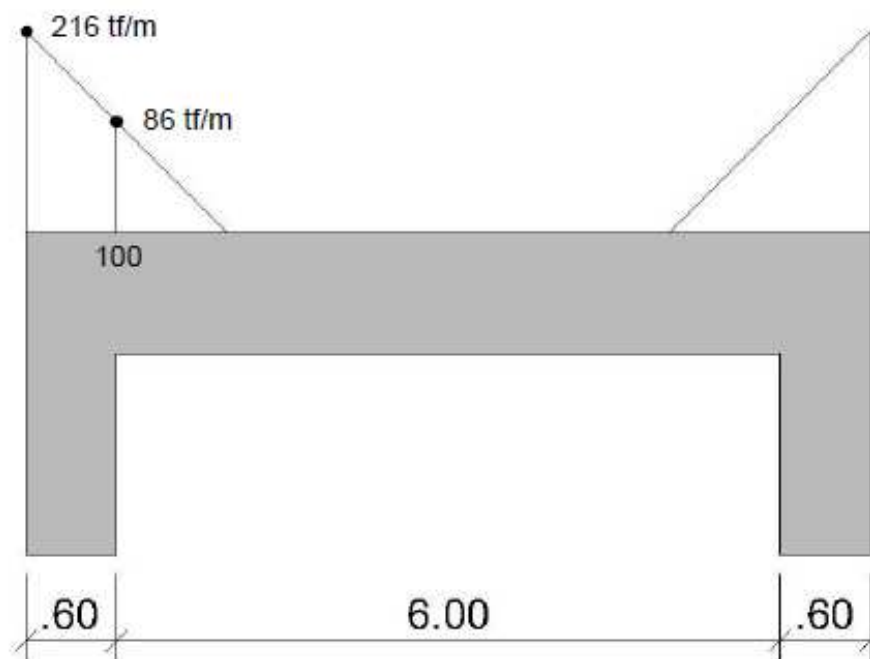
EFEITO ARCO



Viga 20 X 90
As = 4 Φ 16
Ast = E Φ 12,5 c/ 10

Projeto Estrutural - concepção e exemplo prático

EFEITO ARCO



Viga 20 X 40
 $A_s = 2 \Phi 12,5$
 $A_{st} = E \Phi 10 \text{ c/ } 10$