

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil
Departamento de Estruturas

Elementos estruturais

Notas de aula da disciplina

AU405 – Concreto

Prof. MSc. Luiz Carlos de Almeida

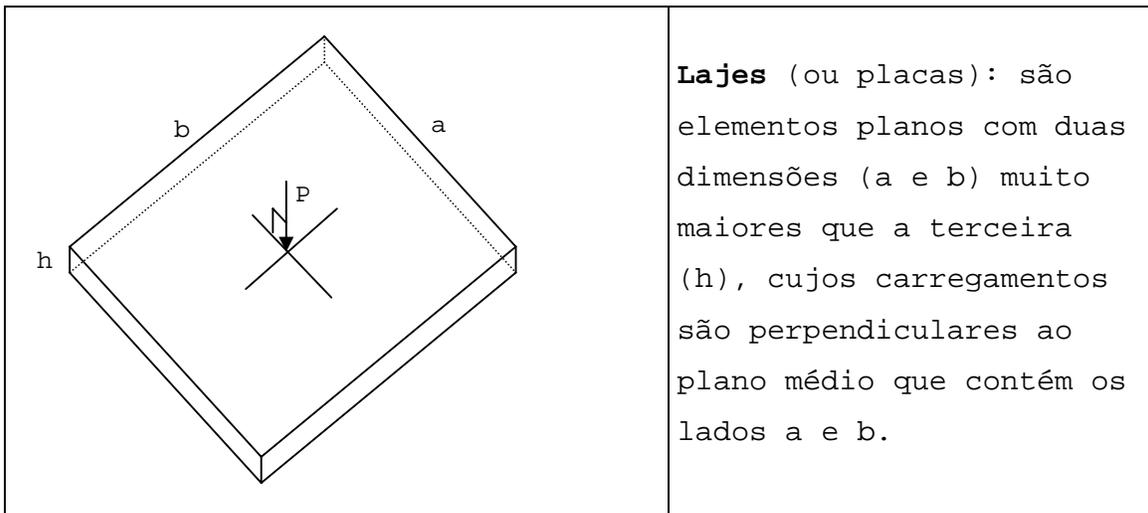
Agosto/2006

ÍNDICE

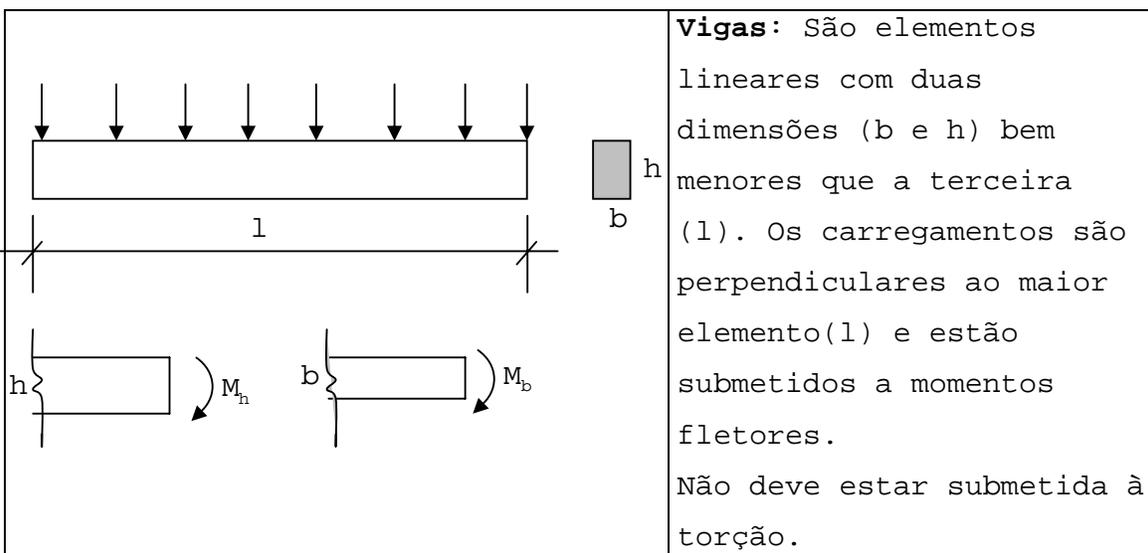
1. Elementos estruturais componentes de um edifício em concreto armado.....	3
2. Princípios gerais de um projeto estrutural.....	6
3. Objetivo da estrutura.....	7
4. Sistemas estruturais.....	8
5. Arranjos estruturais.....	9
6. Esquema estático de um arranjo estrutural.....	11
7. Ações Usuais nos edifícios de acordo com a norma NBR 6120.....	13
Peso próprio do concreto	13
Ações gravitacionais	14
Ação do vento	14

1. Elementos estruturais componentes de um edifício em concreto armado

Os elementos básicos (que se repetem nas estruturas) são:
Lajes, vigas, pilares e blocos (ou sapatas)



As lajes têm grande deformabilidade. Em ensaios de laboratório elas fissuram muito, mas dificilmente se rompem. A deformação no centro da laje (flecha) deve ser controlada.



Paredes estruturais:

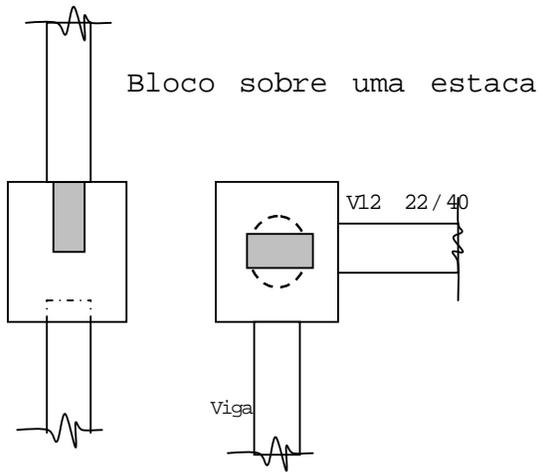


Tirantes: são elementos estruturais que trabalham a tração, onde os esforços são absorvidos pela armadura, o concreto não colabora.

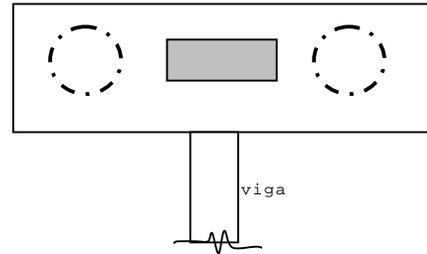
<p>P</p> <p>M_x M_y</p> <p>h_x</p> <p>$h_y (\geq h_x)$</p> <p>l_e</p> <p>P</p>	<p>Pilares: elementos lineares com duas dimensões (h_x e h_y) bem menores que a terceira (l_e). OS carregamentos são paralelos a l_e e comprimem a seção transversal (h_x e h_y). Podem ser submetidos a momentos fletores pequenos. $\left(\frac{h_y}{h_x} \leq 5 \right)$</p>
---	--

Observação: "Pilares normalmente rompem sem avisos (ruptura frágil)"

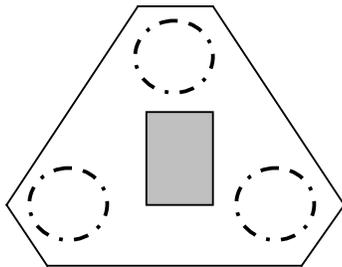
Blocos sobre estacas ou tubulões: são elementos de transferência das cargas dos pilares para as estacas ou tubulões. "É um crime jogar tração em uma estaca comum."



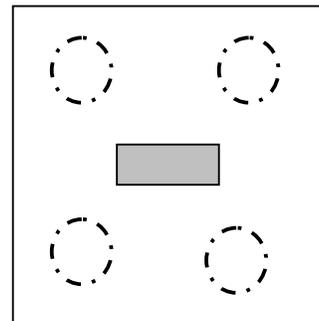
Bloco sobre duas estacas



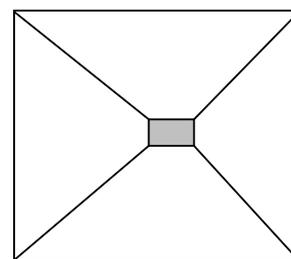
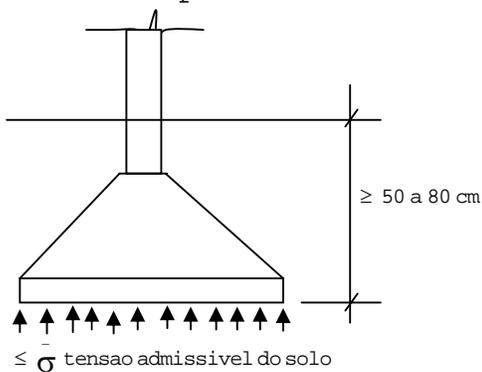
Bloco sobre tres estacas



Bloco sobre quatro estacas



Sapatas: são elementos de transferência das cargas dos pilares diretamente para o solo



2. Princípios gerais de um projeto estrutural

Um projeto deve ser resistente, estável e ter qualidades.

As qualidades dos projetos são:

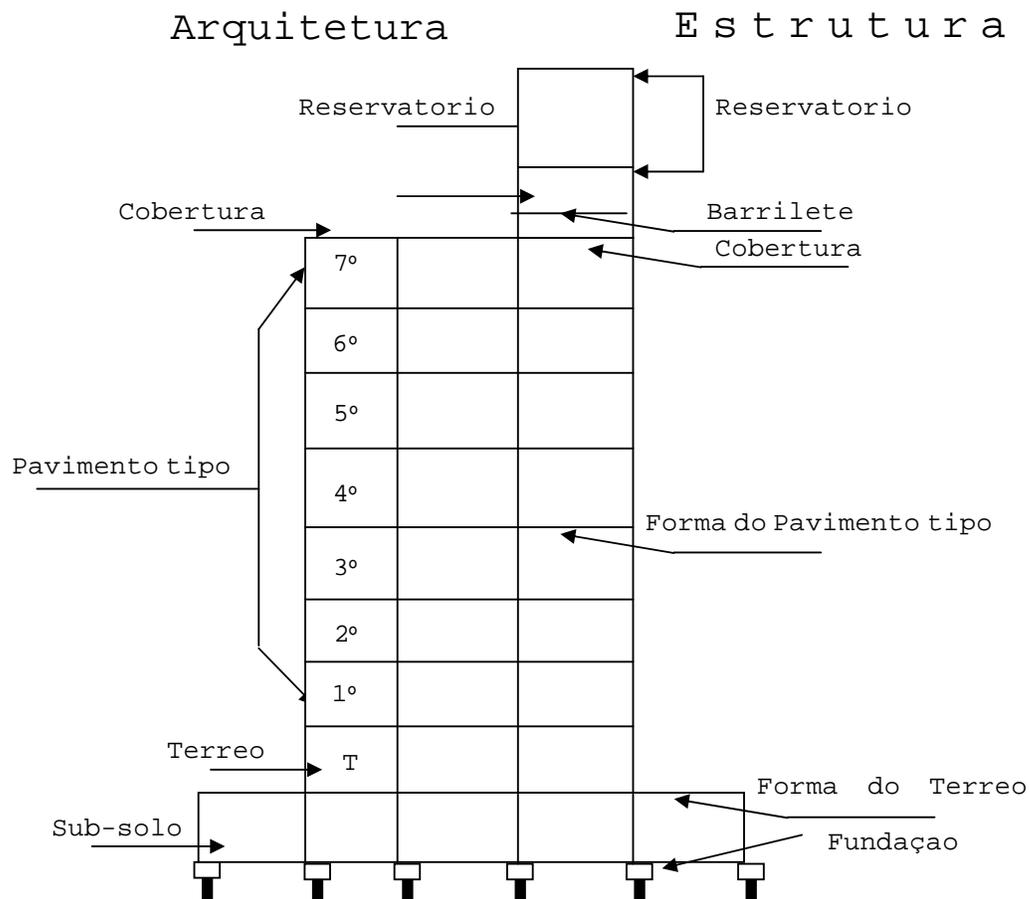
funcionalidade, que leva em conta o conforto térmico, acústico, etc.

construtibilidade - tudo que melhora a construção. Deve-se levar em conta os sistemas construtivos ao desenvolver o projeto.

beleza;

durabilidade.

São papéis da estrutura a resistência, a construtibilidade e durabilidade e são papéis da arquitetura a funcionalidade, a construtibilidade e a beleza.



Os pilares devem estar distantes entre 3,00m a 7,00m. Quanto mais distantes os pilares, maiores serão as alturas das vigas pois estão limitadas pelas portas e janelas.

Uma estrutura é o conjunto de elementos estruturais que se interagem de maneira a resistir aos esforços originados pelas ações das cargas funcionais mais cargas permanentes mais cargas acidentais.

Cargas "funcionais" (acidentais): sobrecargas (NBR 6120: Cargas para o cálculo de estruturas de edificações)

Cargas acidentais: vento (NBR 6123: Forças devidas ao vento em edificações), efeitos de temperatura, retração, recalque de fundação.

Cargas permanentes: peso próprio da estrutura, dos revestimentos, da alvenaria, etc.

3. Objetivo da estrutura

Uma estrutura (ou parte dela) não deve atingir ao longo da vida útil um **estado limite**, ou seja:

Estado limite último (E.L.U.)

Não romper qualquer de suas partes;

Não perder estabilidade;

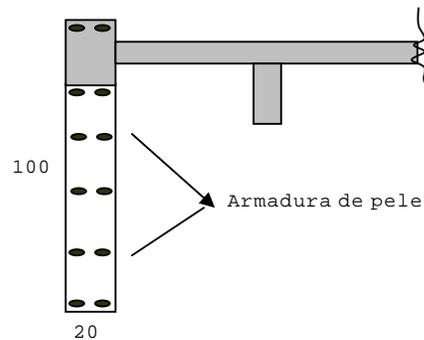
Não perder o prazo de validade, durabilidade da estrutura (mais ou menos 50 anos para edificações residenciais)-

$f_{ck} \geq 25,0\text{MPa}$ (definido pela durabilidade e não pela

resistência e relação $\frac{a}{c} \leq 0,60$ (durabilidade).

Estado Limite de serviço (E.L.S.)

- Deslocamentos (devidos às deformações) prejudiciais ao funcionamento da estrutura;
- Sensibilidade visual (1/250) - carga total;
- Vibração sensível (1/350) - carga funcional (sc)
- Não fissurar (para não perder a durabilidade)
- Evitar falso alarme de ruína - falta de armadura de pele;



4. Sistemas estruturais

São conjuntos de elementos que compõem uma estrutura com características construtivas próprias. Exemplos:

- Estruturas metálicas (edifícios, galpões, etc.);
- Estruturas de madeira;
- Estruturas mistas;
- Estruturas de concreto armado pré-fabricado;
- Estruturas de concreto armado;
- Estruturas de alvenaria estrutural.

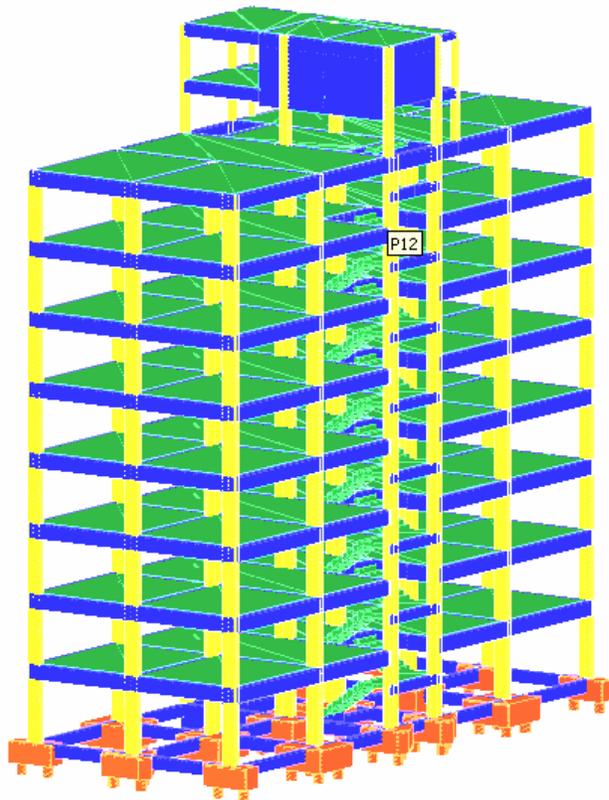
Devem ser definidos pelos parâmetros econômicos:

- Retorno - custo;
- Seguro;
- Durabilidade;
- Manutenção.

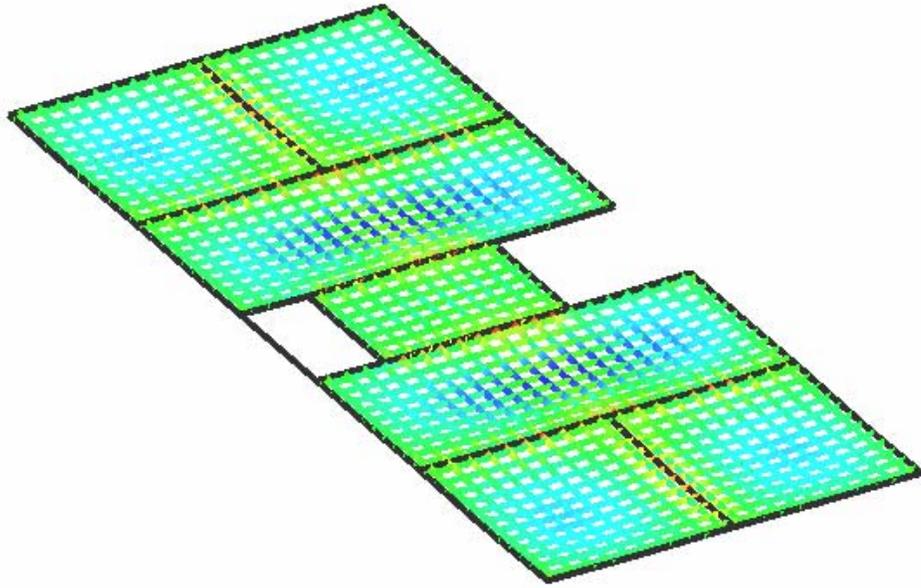
5. Arranjos estruturais

São as formas de escolher e unir os elementos estruturais e a união entre eles e com a "terra" (mecânica-fundação).

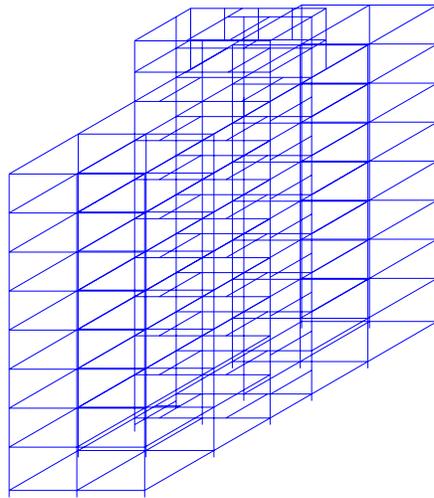
Exemplo: Estrutura de concreto armado de edifício em pórtico espacial



Vista em 3D da estrutura

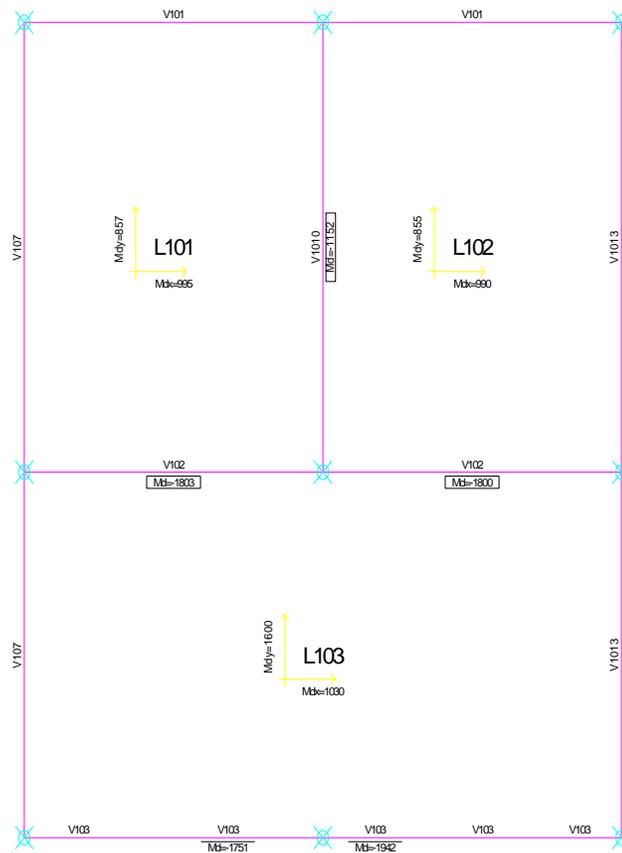


Vista da laje do tipo



Esquema estático - pórtico espacial

Exemplo de pavimentos isolados:



Cálculo das lajes isoladamente, apoiando em vigas ou paredes, engastadas entre si, podendo até ficar com 1,2 ou 3 bordos livres

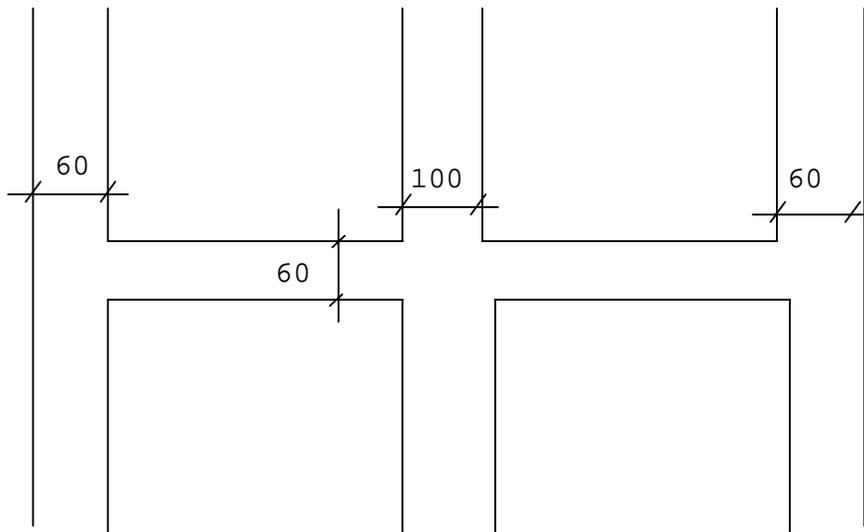
6. Esquema estático de um arranjo estrutural

A estática das construções criou elementos básicos para o cálculo dos esforços nos elementos estruturais mais comum, por exemplo, barras - vigas e pilares; placas - lajes; chapas - paredes e vigas paredes; que transportam as cargas para os nós até atingir a "terra".

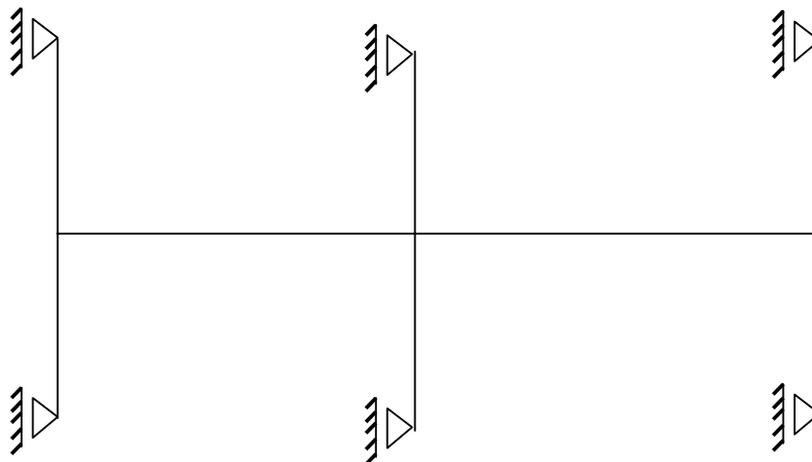
A maneira de ligar estes elementos entre si com a "terra", sem perder o equilíbrio é o esquema estático.

Cada barra tem esforços correspondentes para cada carregamento e vinculação. Idem para as lajes.

Arranjo estrutural



Esquema estatico



7. Ações Usuais nos edifícios de acordo com a norma NBR 6120.

Tipos

Gravitacionais

Peso próprio da estrutura - (pp);

Revestimentos (rev.);

Alvenaria (alv.);

Cargas "funcionais" - acidentais ou sobrecargas - sc.

Vento

Temperatura

Recalques diferenciais

Peso próprio do concreto

Laje: $pp = h[m] \times 2,5 \text{ (} \tau_f / m^3 \text{)}$

Vigas e pilares: $pp = b[m] \times h[m] \times 2,5 \text{ (} \tau_f / m^3 \text{)}$

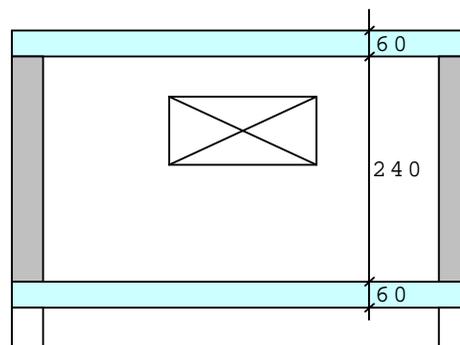
Peso próprio de alvenaria $alv = largura[m] \times altura [m] \times \gamma_{ap}$

Tijolo maciço $\gamma_{ap} = 1,8 \text{ (} \tau_f / m^3 \text{)}$ (espessura 15 e 25 cm)

Tijolo furado $\gamma_{ap} = 1,5 \text{ (} \tau_f / m^3 \text{)}$ (espessura 15 e 25 cm)

Tijolo furado $\gamma_{ap} = 1,3 \text{ (} \tau_f / m^3 \text{)}$ (sem revestimento)

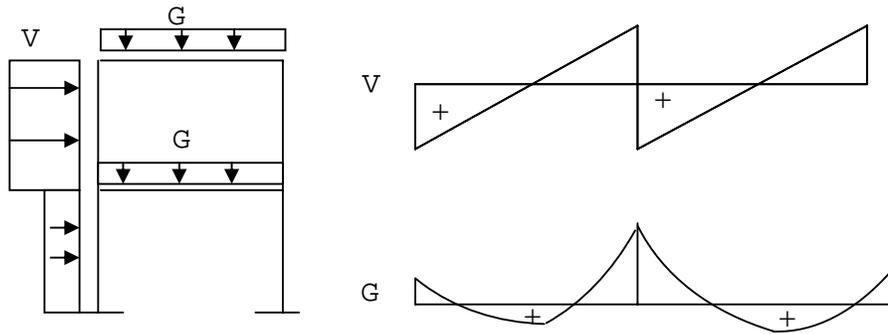
Obs. Não descontar os vãos de portas e janelas no cálculo dos pesos das alvenarias.



Ações gravitacionais

G_{\max} = peso próprio + alvenaria + revestimento + sobrecarga

G_{\min} = peso próprio + alvenaria + revestimento



Como as ações favoráveis não devem ser majoradas com coeficiente de majoração das cargas (ver norma de ações e segurança das estruturas), para o dimensionamento da seção da extremidade esquerda da viga deve-se adotar $(1,4 V + G_{\min})$, para as demais seções da viga adotam-se $(1,4 V + 1,4 G_{\max})$.

Ação do vento

Como frequência natural dos edifícios normais (~40 pavimentos) é baixa, o vento não provoca o efeito de ação **dinâmica**. Assim a norma de vento NBR-6123, considera a ação do vento de forma **estática**.

$$q = \frac{V_k^2}{16}, \text{ onde } V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$$

onde:

V_k - velocidade característica do vento (m/s)

V_0 - velocidade básica do vento, depende da região e é fornecido pelo gráfico de isopletras;

A velocidade básica do vento é medida em superfícies planas a 10,00 m de altura, em um intervalo de 3 segundos. Estatisticamente existe 63% de possibilidade de ocorrer em 50 anos.

- S_1 - efeito da topografia
- S_2 - rugosidade do terreno
- S_3 - estatístico (vidas humanas)

Carga a ser aplicada na estrutura: q^{estr} (Kgf/m²)

$$q^{estr} = C_a q$$

onde:

C_a é o coeficiente de arrasto, leva em conta a aerodinâmica do prédio, são fornecidos para ventos de .

ábacos de C_a para edifícios paralelepípedicos:

vento de alta turbulência;

vento de baixa turbulência (grande velocidade) - mais utilizado

Existem tabelas na norma para a determinação de C_a para outros tipos de seção em planta dos edifícios.

O maior valor da velocidade básica do vento que ocorreu no Brasil foi de 160 Km/h (45 m/s), em São Paulo chegou a atingir 140 Km/h em 100 anos de medições.