

# ESTRUTURAS EM AÇO

## 03 – Ações e segurança

## ACÇÕES

- Na análise estrutural deve ser considerada a influência de todas as ações que possam produzir efeitos significativos para a estrutura, levando-se em conta os estados-limites últimos e de serviço.
- Por ação entende-se qualquer influência ou conjunto de influências capaz de produzir estados de tensão, deformação ou movimento de corpo rígido em uma estrutura.
- As ações a considerar classificam-se, de acordo com a ABNT NBR 8681:2003, em:

**Permanentes**: praticamente invariáveis ao longo da vida útil da estrutura, e se subdividem em:

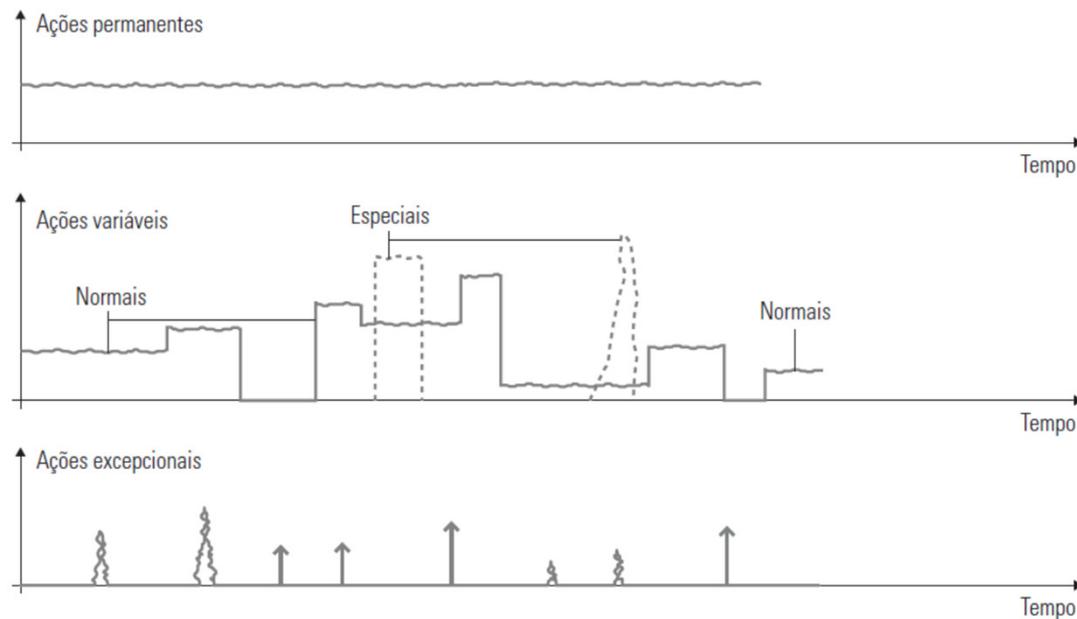
**Ações permanentes diretas**: peso próprio da estrutura e de todos os componentes construtivos (pisos, paredes permanentes, revestimentos, etc.), instalações permanentes, empuxos permanentes.

**Ações permanentes indiretas**: deformações por retração e fluência do concreto, protensão, deslocamentos de apoio e imperfeições geométricas.



**Ações variáveis**: variam com o tempo, podendo ter natureza e intensidade normais (uso regular, cotidiano e permanente) ou especiais (transporte de grande peso ou abalo sísmico, portanto ocasionais/transitórias). Exemplos: sobrecargas em pisos e coberturas, equipamentos, divisórias móveis, pressões hidrostáticas e hidrodinâmicas, ação do vento e variação da temperatura.

**Ações excepcionais**: variam com o tempo, mas assumem valores significativos apenas durante uma fração muito pequena da vida útil da estrutura e, além disso, têm baixa probabilidade de ocorrência (como explosões, choques de veículos, incêndios, enchentes, etc.).



Fonte: FAKURY, CASTRO E SILVA e CALDAS (2016).

Prof. Dr. Rodrigo Bordignon



## Valores das ações permanentes e variáveis

- A norma brasileira ABNT NBR 6120 fornece, para os casos em que não houver determinação experimental, os valores de alguns materiais utilizados.

Materiais		Peso específico (kN/m <sup>3</sup> )
Rochas	Granito e mármore	28,0
Blocos artificiais	Tijolo furado	13,0
	Tijolo maciço	18,0
Revestimentos	Argamassa de cal, cimento e areia	19,0
	Argamassa de cimento e areia	21,0
	Argamassa de gesso	12,5
Madeiras	Pinho e cedro	5,0
	Louro e imbuia	6,5
	Angico	10,0
Metais	Alumínio	28,0
	Ferro fundido	72,5
Outros materiais	Asfalto	13,0
	Vidro plano	26,0

Fonte: FAKURY, CASTRO E SILVA e CALDAS (2016).



- Supõe-se que as sobrecargas sejam uniformemente distribuídas;
- A norma ABNT NBR 6120 estabelece que as ações variáveis podem ser reduzidas nos pilares e nas fundações de edifícios de vários pavimentos para escritórios, residências e casas comerciais não destinados a depósitos, tendo por base a probabilidade reduzida de todos os pavimentos estarem submetidos aos valores estipulados dessas ações simultaneamente;

Número de pisos que atuam sobre o elemento <sup>1)</sup>	Redução percentual
1, 2 e 3	0
4	20 <sup>2)</sup>
5	40 <sup>3)</sup>
6 ou mais	60 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> O forro deve ser considerado como piso; <sup>2)</sup> Aplicável sobre as ações variáveis atuantes no quarto piso sobre o elemento; <sup>3)</sup> Aplicável sobre as ações variáveis atuantes no quinto piso sobre o elemento; <sup>4)</sup> Aplicável sobre as ações variáveis atuantes do sexto piso em diante sobre o elemento.

Fonte: FAKURY, CASTRO E SILVA e CALDAS (2016).

- Ao longo de parapeitos e balcões, deve-se considerar a ação de uma força horizontal linear de 0,8 kN/m na altura do corrimão e de uma força vertical linear mínima de 2 kN/m.



	Local	Carga (kN/m <sup>2</sup> )
Bancos	Escritórios e banheiros	2,0
	Salas de diretoria e de gerência	1,5
Cinemas	Plateia com assentos fixos	3,0
	Banheiro	2,0
Edifícios residenciais	Dormitório, sala, copa, cozinha e banheiro	1,5
	Despensa, área de serviço e lavanderia	2,0
Escadas	Com acesso ao público	3,0
	Sem acesso ao público	2,0
Escolas	Corredor e sala de aula	3,0
	Outras salas	2,0
Escritórios	Salas de uso geral e banheiro	2,0
Forros sem acesso a pessoas	–	0,5
Galerias de lojas	–	3,0
Lojas	–	4,0
Restaurantes	–	3,0
Garagens e estacionamentos	–	3,0 <sup>1)</sup>
Bibliotecas	Sala de leitura	2,5
	Sala para depósito de livros	4,0
	Sala com estante de livros	6,0 <sup>2)</sup>
Casas de máquinas	(incluindo o peso das máquinas)	7,5 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Esse valor deve ser majorado no caso de vigas ou lajes com pequenos vãos (consultar a ABNT NBR 6120:1980).

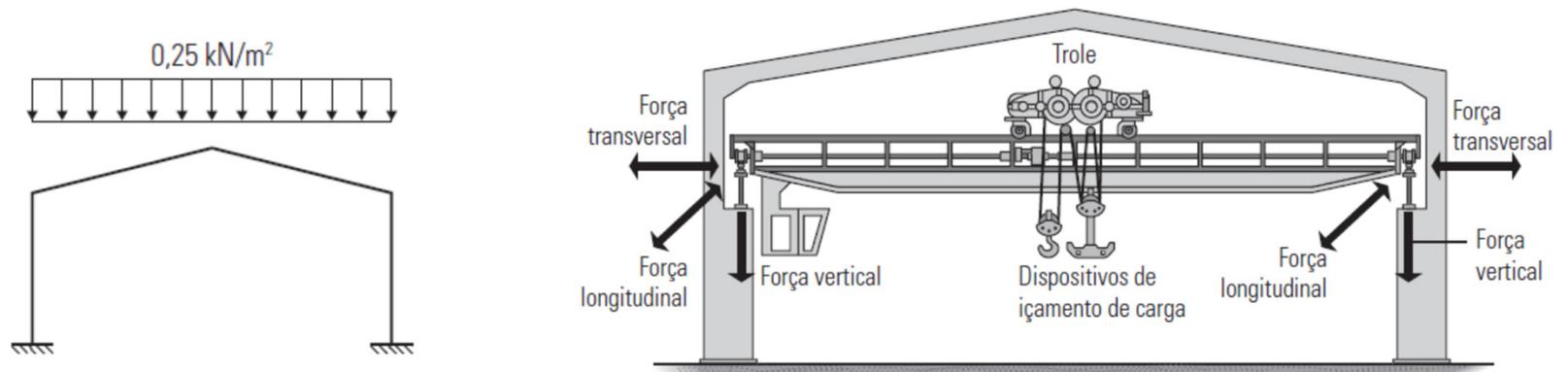
<sup>2)</sup> Valor mínimo (o valor preciso deve ser determinado em cada caso).

Fonte: FAKURY, CASTRO E SILVA e CALDAS (2016).

Prof. Dr. Rodrigo Bordignon

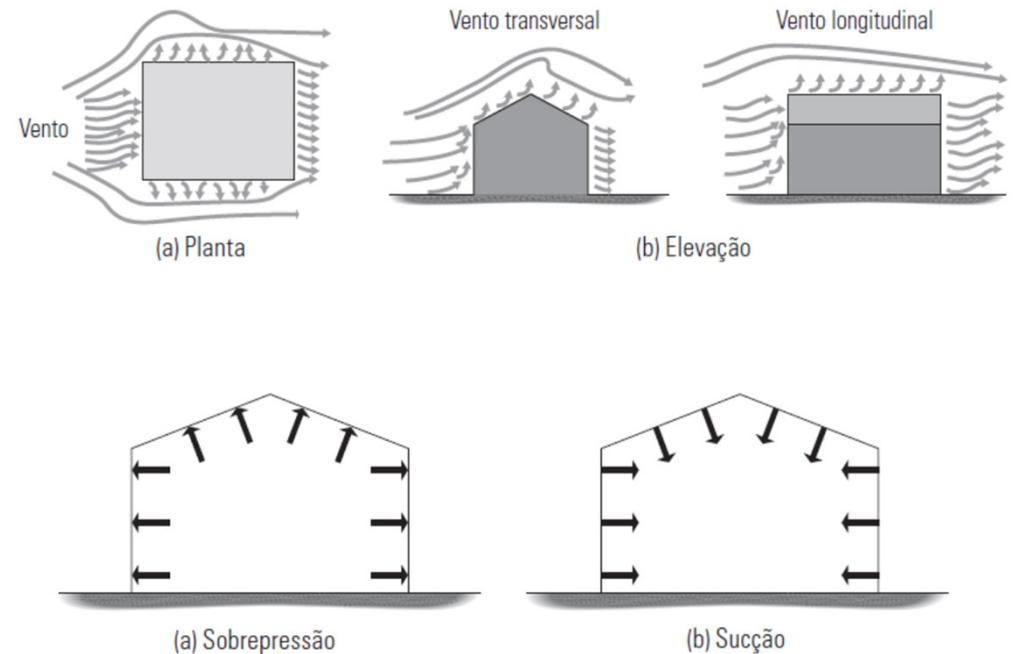
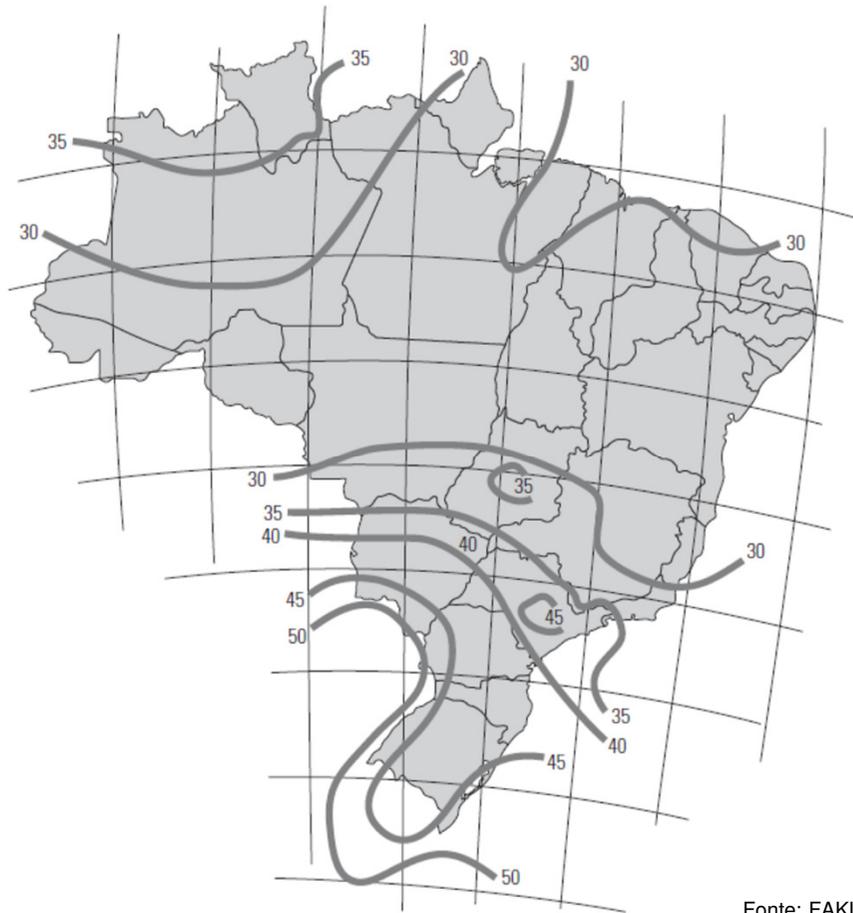


- Nas coberturas comuns deve-se prever uma sobrecarga mínima de  $0,25 \text{ kN/m}^2$ ;
- Na ausência de especificação mais rigorosa, todas as cargas gravitacionais variáveis, em pisos e balcões suportados por pendurais, devem ser majoradas em 33%;
- Em lajes, na fase de construção, deve-se prever uma sobrecarga mínima de  $1 \text{ kN/m}^2$ ;
- Em pisos, coberturas e outros:  $1 \text{ kN}$  para terças e banzo superior de treliças, e de  $2,5 \text{ kN}$  para degraus isolados de escadas, não cumulativamente;



Fonte: FAKURY, CASTRO E SILVA e CALDAS (2016).

- No caso do vento, a obtenção de suas forças sobre a estrutura deve-se seguir a ABNT NBR 6123:2023. Essa norma fornece a velocidade básica do vento, que é transformada em força atuante na edificação, levando-se em conta parâmetros como a forma da edificação e a existência de obstáculos em suas vizinhanças.



Fonte: FAKURY, CASTRO E SILVA e CALDAS (2016).

Prof. Dr. Rodrigo Bordignon



## VALORES DAS AÇÕES

### ➤ Valores característicos ( $F_k$ )

Os valores característicos das ações permanentes devem ser adotados iguais aos valores médios, que diferem pouco do máximo, ou por normas como a ABNT NBR 6120.

Os valores característicos das ações variáveis correspondem àqueles que tem entre 25% e 35% de probabilidade de serem ultrapassados durante a vida útil da edificação. São estabelecidos por consenso e indicados em normas específicas, como as ABNT NBR 6120 e ABNT NBR 6123.

### ➤ Valores representativos ( $F_r$ )

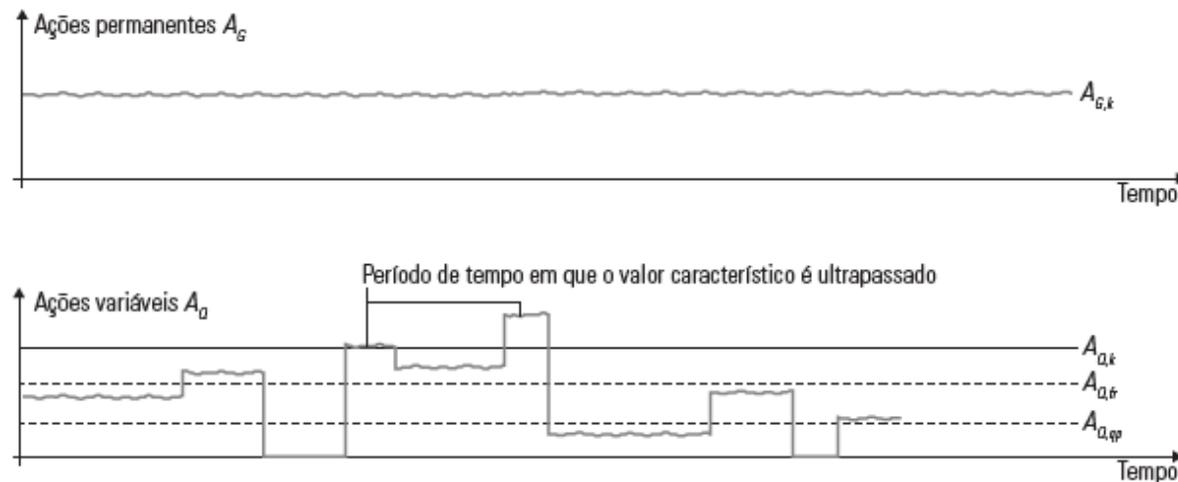
Os valores característicos podem ser: valores convencionais excepcionais, valores reduzidos.

### ➤ Valores de cálculo ( $F_d$ )

Os valores de cálculo das ações são obtidos a partir dos valores representativos, multiplicando-os pelos respectivos coeficientes de ponderação.



- O valor frequente das ações variáveis que é aquele que se repete por volta de  $10^5$  vezes na vida útil da estrutura, igual ao produto do valor característico pelo fator de redução  $\psi_1$ ;
- O valor quase permanente das ações variáveis é aquele que pode ocorrer por um tempo da ordem da metade da vida útil da estrutura, igual ao produto do valor característico pelo fator de redução  $\psi_2$ .



Fonte: FAKURY, CASTRO E SILVA e CALDAS (2016).



## **SEGURANÇA E ESTADOS-LIMITES**

### ➤ **Critérios de segurança**

Os critérios de segurança adotados nesta Norma baseiam-se na ABNT NBR 8681.

### ➤ **Método dos Estados-limites**

Utiliza uma sistemática de dimensionamento que prevê a verificação da estrutura de uma edificação em várias situações extremas;

### ➤ **Estados-limites últimos (ELU):**

Estão relacionados com a segurança da estrutura sujeita às combinações mais desfavoráveis de ações previstas em toda a vida útil;

Sua ocorrência significa sempre colapso, total ou parcial, sendo associada à falha de material, instabilidade de um elemento ou de um conjunto estrutural.

$$\frac{S_d}{R_d} \leq 1,0 \rightarrow S_d \leq R_d$$



Um estado-limite último também pode ser causado simultaneamente por mais de um esforço solicitante, como na flexão composta

$$\omega_1 \left( \frac{S_{d,1}}{R_{d,1}} \right)^{k_1} + \omega_2 \left( \frac{S_{d,2}}{R_{d,2}} \right)^{k_2} + \dots + \omega_{n-1} \left( \frac{S_{d,n-1}}{R_{d,n-1}} \right)^{k_{n-1}} + \omega_n \left( \frac{S_{d,n}}{R_{d,n}} \right)^{k_n} \leq 1,0$$

➤ **Estados limites de serviço (ELS):**

Estão relacionados com o desempenho da estrutura sob condições normais de utilização.

A ocorrência desse tipo de estado-limite pode prejudicar a aparência e a funcionalidade de uma edificação, o conforto dos seus ocupantes, o funcionamento de equipamentos e causar patologias.

$$S_{ser} \leq S_{lim}$$



## COEFICIENTES DE PONDERAÇÃO DAS AÇÕES

As ações devem ser ponderadas pelo coeficiente  $\gamma_f$ , dado por:

$$\gamma_f = \gamma_{f1} \gamma_{f2} \gamma_{f3}$$

onde:

$\gamma_{f1}$  considera a variabilidade das ações;

$\gamma_{f2}$  considera a simultaneidade de atuação das ações;

$\gamma_{f3}$  considera os possíveis erros de avaliação dos efeitos das ações.

### ➤ Coeficientes de ponderação das ações no ELU

O produto  $\gamma_{f1}\gamma_{f3}$  é representado por  $\gamma_g$  ou  $\gamma_q$ .

O coeficiente  $\gamma_{f2}$  é igual ao fator de combinação  $\psi_0$ .

### ➤ Coeficientes de ponderação e fatores de redução das ações no ELS

Em geral,  $\gamma_f$  é igual a 1,0.

São usados os fatores de redução  $\psi_1$  e  $\psi_2$  para obtenção dos valores frequentes e quase permanentes das ações variáveis, respectivamente.



➤ **Valores dos coeficientes de ponderação das ações**

Combinações	Ações permanentes ( $\gamma_g$ ) <sup>a c</sup>					
	Diretas					Indiretas
	Peso próprio de estruturas metálicas	Peso próprio de estruturas pré-moldadas	Peso próprio de estruturas moldadas no local e de elementos construtivos industrializados e empuxos permanentes	Peso próprio de elementos construtivos industrializados com adições <i>in loco</i>	Peso próprio de elementos construtivos em geral e equipamentos	
Normais	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,35 (1,00)	1,40 (1,00)	1,50 (1,00)	1,20 (0)
Especiais ou de construção	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,25 (1,00)	1,30 (1,00)	1,40 (1,00)	1,20 (0)
Excepcionais	1,10 (1,00)	1,15 (1,00)	1,15 (1,00)	1,20 (1,00)	1,30 (1,00)	0 (0)



➤ **Valores dos coeficientes de ponderação das ações**

	Ações variáveis ( $\gamma_q$ ) <sup>a,d</sup>			
	Efeito da temperatura <sup>b</sup>	Ação do vento	Ações truncadas <sup>e</sup>	Demais ações variáveis, incluindo as decorrentes do uso e ocupação
Normais	1,20	1,40	1,20	1,50
Especiais ou de construção	1,00	1,20	1,10	1,30
Excepcionais	1,00	1,00	1,00	1,00

<sup>a</sup> Os valores entre parênteses correspondem aos coeficientes para as ações permanentes favoráveis à segurança; ações variáveis e excepcionais favoráveis à segurança não devem ser incluídas nas combinações.

<sup>b</sup> O efeito de temperatura citado não inclui o gerado por equipamentos, o qual deve ser considerado ação decorrente do uso e ocupação da edificação.

<sup>c</sup> Nas combinações normais, as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,35 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m<sup>2</sup>, ou 1,40 quando isso não ocorrer. Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,25 e 1,30, e nas combinações excepcionais, 1,15 e 1,20.

<sup>d</sup> Nas combinações normais, se as ações permanentes diretas que não são favoráveis à segurança forem agrupadas, as ações variáveis que não são favoráveis à segurança podem, opcionalmente, ser consideradas também todas agrupadas, com coeficiente de ponderação igual a 1,50 quando as ações variáveis decorrentes do uso e ocupação forem superiores a 5 kN/m<sup>2</sup>, ou 1,40 quando isso não ocorrer (mesmo nesse caso, o efeito da temperatura pode ser considerado isoladamente, com o seu próprio coeficiente de ponderação). Nas combinações especiais ou de construção, os coeficientes de ponderação são respectivamente 1,30 e 1,20, e nas combinações excepcionais, sempre 1,00.

<sup>e</sup> Ações truncadas são consideradas ações variáveis cuja distribuição de máximos é truncada por um dispositivo físico, de modo que o valor dessa ação não possa superar o limite correspondente. O coeficiente de ponderação mostrado nesta Tabela se aplica a este valor-limite.



➤ **Valores dos fatores de combinação  $\psi_0$  e de redução  $\psi_1$  e  $\psi_2$  (ações variáveis)**

Ações		$\gamma_{\Omega}^a$		
		$\psi_0$	$\psi_1^d$	$\psi_2^e$
Ações variáveis causadas pelo uso e ocupação	Locais em que não há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, nem de elevadas concentrações de pessoas <sup>b)</sup>	0,5	0,4	0,3
	Locais em que há predominância de pesos e de equipamentos que permanecem fixos por longos períodos de tempo, ou de elevadas concentrações de pessoas <sup>c)</sup>	0,7	0,6	0,4
	Bibliotecas, arquivos, depósitos, oficinas e garagens e sobrecargas em coberturas (ver B.5.1)	0,8	0,7	0,6
Vento	Pressão dinâmica do vento nas estruturas em geral	0,6	0,3	0
Temperatura	Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	Passarelas de pedestres	0,6	0,4	0,3
	Vigas de rolamento de pontes rolantes	1,0	0,8	0,5
	Pilares e outros elementos ou subestruturas que suportam vigas de rolamento de pontes rolantes	0,7	0,6	0,4
<sup>a</sup> Ver alínea c) de 4.7.5.3. <sup>b</sup> Edificações residenciais de acesso restrito. <sup>c</sup> Edificações comerciais, de escritórios e de acesso público. <sup>d</sup> Para estado-limite de fadiga (ver Anexo K), usar $\psi_1$ igual a 1,0. <sup>e</sup> Para combinações excepcionais onde a ação principal for sismo, admite-se adotar para $\psi_2$ o valor zero.				



## **COMBINAÇÃO DE AÇÕES**

Um carregamento é definido pela combinação das ações que têm probabilidades não desprezíveis de atuarem simultaneamente sobre a estrutura, durante um período preestabelecido.

A combinação das ações deve ser feita de forma que possam ser determinados os efeitos mais desfavoráveis para a estrutura.

### ➤ **Combinações últimas**

Normais;  
Especiais ou de construção;  
Excepcionais.

### ➤ **Combinações de serviço**

Quase permanentes;  
Frequentes;  
Raras.



## COMBINAÇÕES ÚLTIMAS

### ➤ Combinações últimas normais;

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

### ➤ Combinações últimas especiais / construção;

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k})$$

### ➤ Combinações últimas excepcionais.

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + F_{Q,exc} + \sum_{j=1}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j,ef} F_{Qj,k})$$



## COMBINAÇÕES DE SERVIÇO

➤ Combinações quase permanentes de serviço;

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \sum_{j=1}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$$

➤ Combinações frequentes de serviço;

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$$

➤ Combinações raras de serviço.

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{1j} F_{Qj,k})$$



## VALORES DAS RESISTÊNCIAS

### ➤ Valores característicos e nominais

As resistências dos materiais são representadas pelos valores característicos definidos como aqueles que, em um lote de material, têm apenas 5% de probabilidade de não serem atingidos.

### ➤ Valores de cálculo

A resistência de cálculo  $f_d$  de um material é definida como: 
$$f_d = \frac{f_f}{\gamma_m}$$

### ➤ Coeficientes de ponderação das resistências no ELU

Os valores dos coeficientes de ponderação das resistências  $\gamma_m$  do aço estrutural, do concreto e do aço das armaduras, representados respectivamente por  $\gamma_a$ ,  $\gamma_c$  e  $\gamma_s$ , são dados na Tabela 3.



➤ **Coefficientes de ponderação das resistências no ELS**

Os limites estabelecidos para os estados-limites de serviço não necessitam de minoração, portanto,  $\gamma_m = 1,00$

Tabela 3 — Valores dos coeficientes de ponderação das resistências  $\gamma_m$

Combinações	Aço estrutural <sup>a</sup>		Concreto $\gamma_c$	Aço das armaduras $\gamma_s$
	$\gamma_a$			
	Escoamento, flambagem e instabilidade $\gamma_{a1}$	Ruptura $\gamma_{a2}$		
Normais	1,10	1,35	1,40	1,15
Especiais ou de construção	1,10	1,35	1,20	1,15
Excepcionais	1,00	1,15	1,20	1,00

<sup>a</sup> Inclui o aço de fôrma incorporada, usado nas lajes mistas de aço e concreto, de pinos e parafusos.



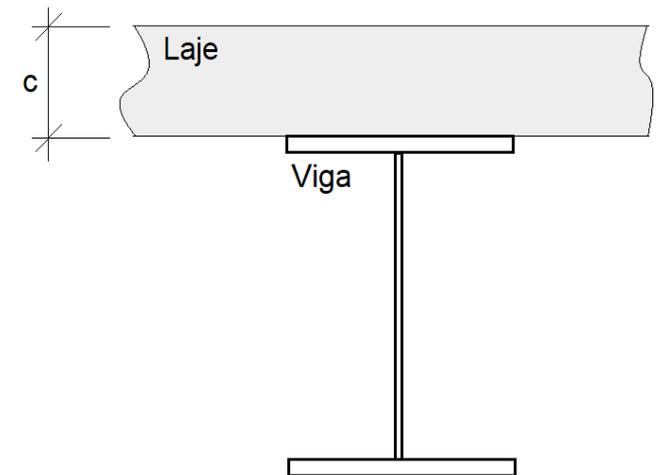
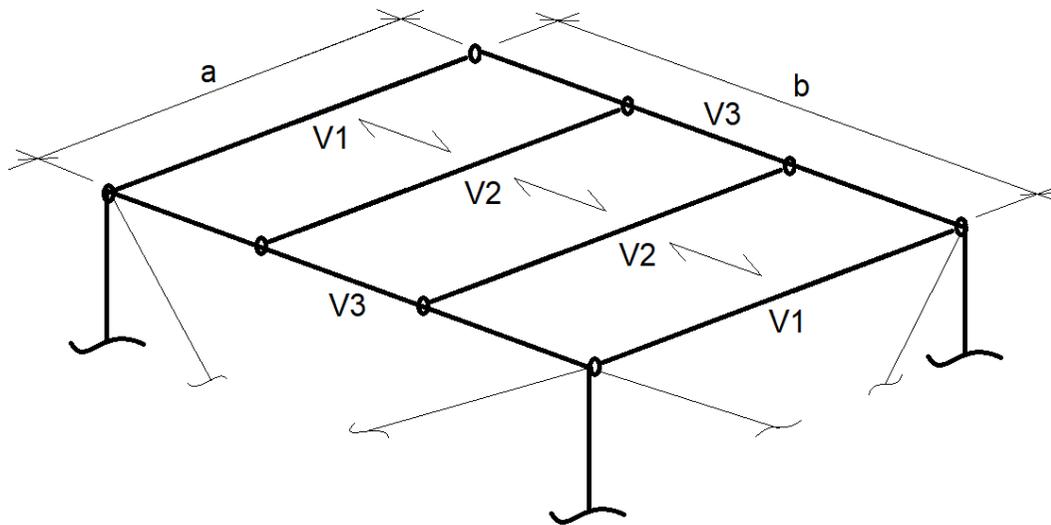
**Exemplo 3.1** - As vigas V2 de um piso em um edifício industrial estão espaçadas a cada 3 metros ( $b= 9\text{ m}$ ) e suportam uma laje maciça de concreto armado com 15 cm de espessura ( $c$ ). Sobre este piso está previsto uma sobrecarga de utilização de  $5\text{ kN/m}^2$ , além de equipamentos fixos com previsão de  $10\text{ kN/m}^2$ . Determine os carregamentos mais desfavoráveis para as combinações última normal (ELU) e frequente de serviço (ELS).

Peso próprio estimado da viga  $V_2 = 0,6\text{ kN/m}$

Laje em CA =  $(25\text{ kN/m}^3)(3\text{ m})(0,15\text{ m}) = 11,25\text{ kN/m}$

Sobrecarga de uso =  $(5\text{ kN/m}^2)(3\text{ m}) = 15,0\text{ kN/m}$

Equipamentos =  $(10\text{ kN/m}^2)(3\text{ m}) = 30,0\text{ kN/m}$



### Combinação última normal (ELU):

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

$$F_{d,u1} = 1,25(0,6) + 1,35(11,25) + 1,5(15,0) + 1,5 \cdot 0,7(30,0) = 69,94 \text{ kN/m}$$

$$F_{d,u2} = 1,25(0,6) + 1,35(11,25) + 1,5(30,0) + 1,5 \cdot 0,7(15,0) = \mathbf{76,69 \text{ kN/m}}$$

### Combinação frequente de serviço (ELS):

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$$

$$F_{d,s1} = (0,6 + 11,25) + 0,6(15,0) + 0,4(30,0) = 32,85 \text{ kN/m}$$

$$F_{d,s2} = (0,6 + 11,25) + 0,6(30,0) + 0,4(15,0) = \mathbf{35,85 \text{ kN/m}}$$



**Exemplo 3.2** - Determine os carregamentos mais desfavoráveis para as combinações: última normal (ELU) e frequente de serviço (ELS), impostos a uma viga de cobertura, com baixa declividade, de um sistema estrutural submetido as seguintes ações:

Peso próprio da estrutura (PP+terças+telhas) = 1,55 kN/m

Sobrecarga de uso = 1,25 kN/m

Vento (sucção) = -2,5 kN/m

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

$$F_{d1} = 1,25(1,55) + 1,5(1,25) = 3,81 \text{ kN/m}$$

$$F_{d2} = 1,25(1,55) + 1,4(-2,5) = -1,56 \text{ kN/m}$$

$$F_{d3} = 1,25(1,55) + 1,5(1,25) + 1,4 \cdot 0,6(-2,5) = 1,71 \text{ kN/m}$$

$$F_{d4} = 1,25(1,55) + 1,4(-2,5) + 1,5 \cdot 0,8(1,25) = -0,06 \text{ kN/m}$$



**Exercício proposto 3.1** - Determinar os carregamentos mais desfavoráveis, com base nas combinações: última normal (ELU) e frequente de serviço (ELS), impostos a uma terça de cobertura submetida as seguintes ações:

Peso próprio = 0,2 kN/m

Sobrecarga = 0,75 kN/m

Vento (pressão) = 1,5 kN/m

Vento (sucção) = -3,0 kN/m

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$$



**Exercício proposto 3.2** - Determinar os carregamentos mais desfavoráveis, com base na combinação última normal (ELU) e frequente de serviço (ELS), impostos a uma viga de piso de um edifício comercial (Shopping), em que pode haver elevada concentração de pessoas, submetida as seguintes ações:

Peso próprio = 1,12 kN/m

Laje *steel deck* = 10,0 kN/m

Parede alvenaria = 7,0 kN/m

Mobiliário = 2,0 kN/m

Sobrecarga de uso = 4,0 kN/m

$$F_d = \sum_{i=1}^m (\gamma_{gi} F_{Gi,k}) + \gamma_{q1} F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\gamma_{qj} \psi_{0j} F_{Qj,k})$$

$$F_{d,ser} = \sum_{i=1}^m F_{Gi,k} + \psi_1 F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n (\psi_{2j} F_{Qj,k})$$



- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **ANSI/AISC 360-16**: Specification for Structural Steel Buildings. Chicago: AISC, 2016.
- AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION. **Steel Construction Manual**, 15 ed. Chicago: AISC, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5884**: Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico - Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: Ações e segurança nas estruturas - Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6123**: Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14762**: Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio. Rio de Janeiro, 2010.
- BAIÃO F. O. T.; SILVA, A. C. V.; QUEIROZ, G.. **Ligações para Estruturas de Aço** – Guia Prático para Estruturas com Perfis Laminados. 3 ed. São Paulo: Gerdau Açominas, 2006.
- BORDIGNON, R. **Modelo momento-rotação de ligações parafusadas entre viga e coluna em aço com dupla cantoneira de alma**. 2022. 212 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2022.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Manual de Construção em Aço**: Galpões para usos gerais. 4 ed. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2010.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Manual de Construção em Aço**: Ligações em estruturas metálicas. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2017.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Manual de Construção em Aço**: Uso fácil: ABNT NBR 8800. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2022.
- CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO. **Manual de Construção em Aço**: Transporte e montagem. Rio de Janeiro: IABr/CBCA, 2005.
- CHAMBERLAIN PRAVIA, Z. M.; FICANHA R.; FABEANE R. **Projeto e cálculo de estruturas de aço**: Edifício industrial detalhado. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- FAKURY, R. H.; CASTRO E SILVA, A. L. R.; CALDAS, R. B. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. São Paulo: Pearson, 2016.
- FISHER, J. M.; KLOIBER, L. A. **Steel Design Guide 1**: Base plate and anchor rod design. 2 ed. Ed. Chicago: AISC, 2006.
- INSTITUTO AÇO BRASIL. **Anuário Estatístico 2023**. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2023.
- LEET, K. M.; UANG, C.; e GILBERT, A. M **Fundamentos da análise estrutural**. Porto Alegre: AMGH, 2010.
- PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruturas de aço**: dimensionamento prático de acordo com a NBR8800:2008. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- RCSC. **Specification for structural joints using high strength bolts**. Research Council on Structural Connections, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL, 2020.





EDUCAÇÃO  
PÚBLICA  
**100%**  
GRATUITA

# MUITO OBRIGADO

Prof. Rodrigo Bordignon  
Engenheiro Civil, Dr.

*[www.ifsul.edu.br](http://www.ifsul.edu.br)  
[rodrigobordignon@ifsul.edu.br](mailto:rodrigobordignon@ifsul.edu.br)*