

INSPEÇÕES EM ESQUADRIAS EXTERNAS (CAIXILHOS)

Como AVALIAR uma
esquadria EXTERNA
por meio de ensaios



11 A 15
SETEMBRO | 2023
SÃO PAULO - SP

REALIZAÇÃO

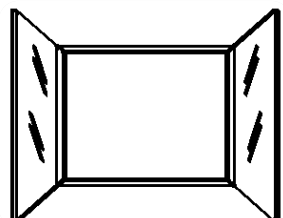


IBAPE NACIONAL
Instituto Brasileiro de Avaliações
e Perícias de Engenharia

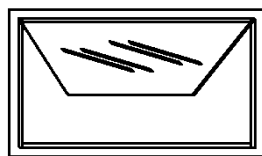
ESQUADRIAS – EXEMPLOS USUAIS



Esquadria de
folha fixa



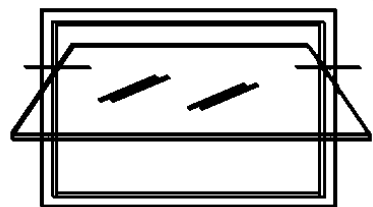
Esquadria de giro
e pivotante



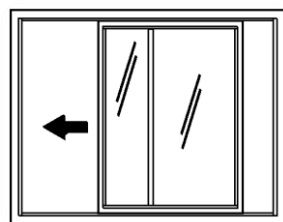
Esquadria projetante



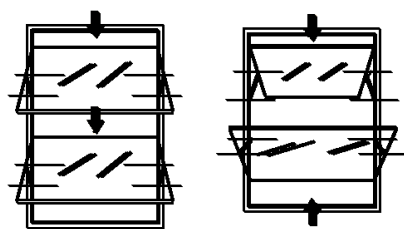
Esquadria de tombar



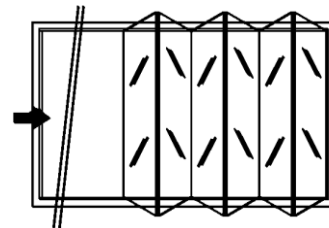
Esquadria
basculante



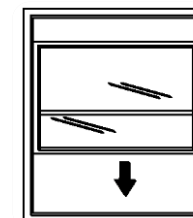
Esquadria de
correr



Esquadria de
projetante-deslizante
(maxim-ar)



Esquadria sanfona
(camarão)



Esquadria
guilhotina

Entre outras...

INSPEÇÕES DE ESQUADRIAS

Localização
da edificação



Pressões de Projeto

Altura da
edificação

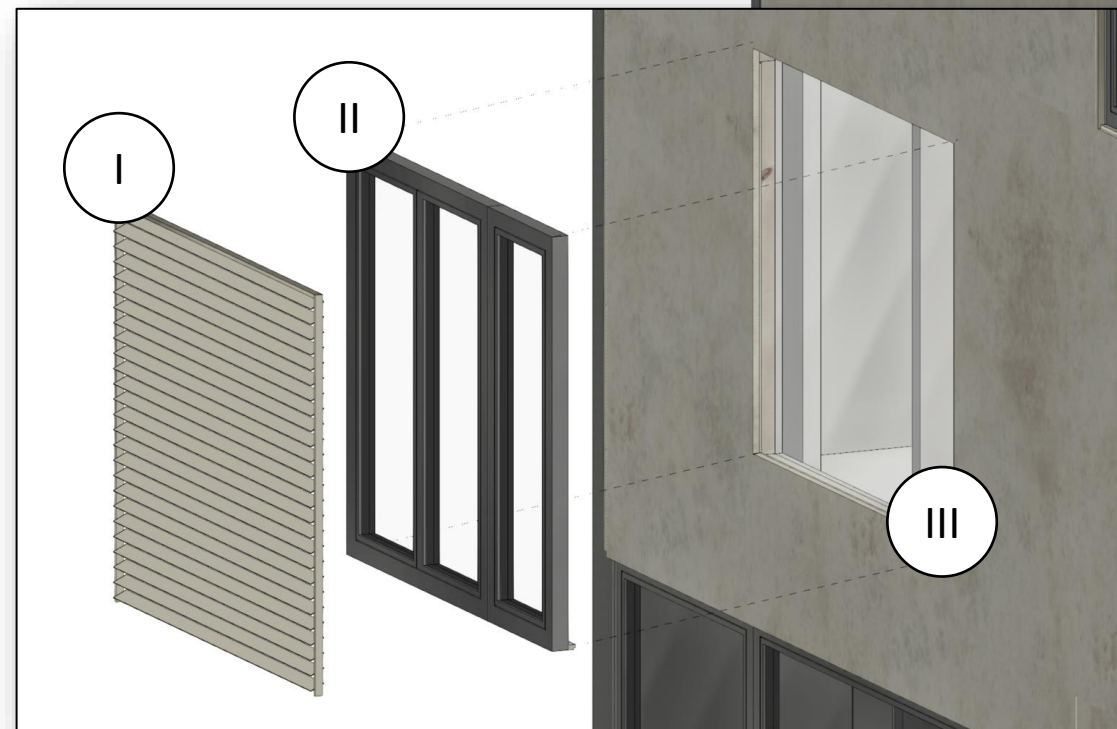


I – Inspecionar e verificar as **venezianas/persianas das esquadrias.**

II – Inspecionar e verificar **os perfis, os vidros, guarnições e fechaduras embutidas.**

III – Inspecionar e verificar **as interfaces** da esquadria com a edificação – juntas e vedações.

Direcionamento para os ensaios



EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS

Deterioração generalizada



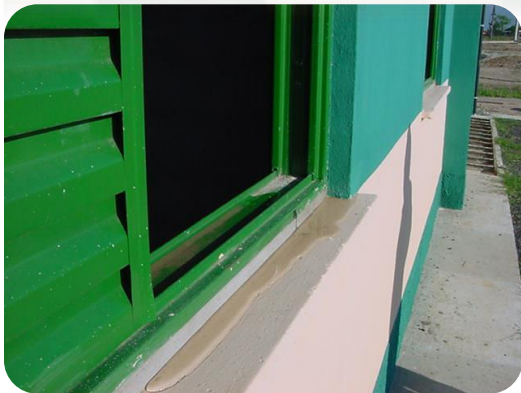
**Oxidação (ferrugem vermelha)
total e quebra parcial**



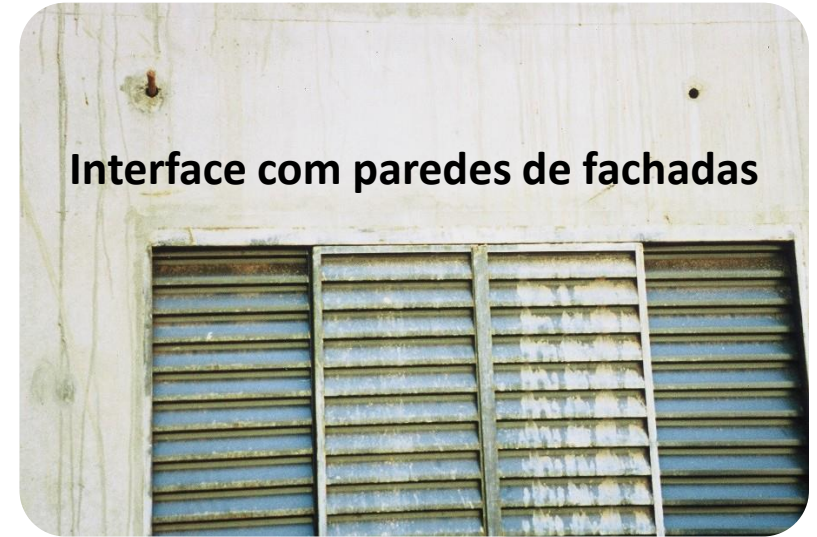
EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS



Interface com pingadeiras



**Mancha interna de
umidade**



Interface com paredes de fachadas



Interface com pingadeiras

EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS

**Acúmulo de sujeira
no beiral interno**



Falhas no selante (vedação)



Sinais de umidade (infiltração)



**Inexistência
(ausência) de
pingadeira**



EXEMPLOS DE PROBLEMAS EM ESQUADRIAS



ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO CIVIL

Modelo do Estádio do Morumbi e sua vizinhança no túnel de vento do IPT (escala 1:200)

Estruturas não usuais e esbeltas, as pressões de vento são obtidas pela ABNT NBR 6123, ensaios em túneis de vento e/ou simulações computacionais.

Ensaio em Túnel de vento



Edificações não usuais

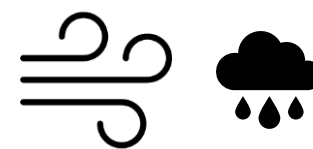


Edificações usuais

Edificações

Obter

**Pressões
nas
Esquadrias**
(Pressão de projeto)



CLASSIFICAÇÃO (ABNT NBR 10821-2:2017)

Edifícios com desnível, considerar a diferença de cota em relação ao ponto mais baixo do terreno ao ponto mais alto da edificação com janela.



Figura 1 – Altura a ser considerada em relação ao ponto mais baixo do ter mais alta da edificação

Quantidade de pavimentos e Altura da edificação (I)

Localização da edificação (II)

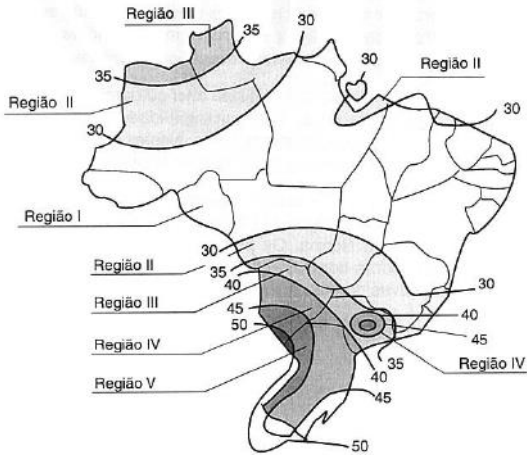


Figura 4 – Gráfico das isopletas da velocidade básica do vento (V_0), em m/s, no Brasil, conforme a ABNT NBR 6123

(I)		(I)	(II)	Pressão em pascals		
Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_p \times 0,20$	
02	6 m	I	350	520	60	
		II	470	700	80	
		III	610	920	100	
		IV	770	1 160	130	
		V	950	1 430	160	
05	15 m	I	420	640	70	
		II	580	860	100	
		III	750	1 130	130	
		IV	950	1 430	160	
		V	1 180	1 760	200	
10	30 m	I	500	750	80	
		II	680	1 030	110	
		III	890	1 340	150	
		IV	1 130	1 700	190	
		V	1 400	2 090	230	
20	60 m	I	600	900	100	
		II	815	1 220	140	
		III	1 060	1 600	180	
		IV	1 350	2 020	220	
		V	1 660	2 500	280	
30	90 m	I	660	980	110	
		II	890	1 340	150	
		III	1 170	1 750	200	
		IV	1 480	2 210	250	
		V	1 820	2 730	300	

EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO

Pressão em pascals					
Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_p \times 0,20$
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1 030	110
		III	890	1 340	150
		IV	1 130	1 700	190
		V	1 400	2 090	230

Pela ABNT NBR 6123:

Pressão dinâmica do vento - q (N/m^2):

$$q = 0,613 V_k^2$$

Velocidade básica do vento - V_k (m/s):

$$V_k = V_0 S_1 S_2 S_3$$

S_1 : Fator topográfico

S_2 : Fator que considera a influência da rugosidade do terreno

S_3 : Fator baseado em conceitos probabilísticos

10	30 m	III	750	1 130	130
		IV	950	1 430	160
		V	1 180	1 760	200
		I	500	750	80
		II	680	1 030	110
20	60 m	III	890	1 340	150
		IV	1 130	1 700	190
		V	1 400	2 090	230
		I	600	900	100
		II	815	1 220	140
30	90 m	III	1 060	1 600	180
		IV	1 350	2 020	220
		V	1 660	2 500	280
		I	660	980	110
		II	890	1 340	150
		III	1 170	1 750	200
		IV	1 480	2 210	250
		V	1 820	2 730	300

ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações

- Quantidade de pavimentos = **10 pavimentos**
- Altura máxima = **30 metros**
- Região = **Cidade de São Paulo (III)**
- Pressão de ensaio = **890 Pa ($1,2 \times P_p$) – ELS**
- Pressão de segurança = **1 340 Pa ($1,5 \times P_e$) - ELU**
- Pressão de água = **150 Pa ($0,2 \times P_p$)**

PRESSÕES DE PROJETO - ENSAIOS

- Estanqueidade à água

Pressão de
Projeto (P_p)



Pressão de
água (P_a)
($0,2 \times P_p$)



Pressão de
ensaio (P_e)
($1,2 \times P_p$)



Pressão de
segurança (P_s)
($1,5 \times P_e$)

- Permeabilidade ao ar



Pressão
(50 Pa)

Pressão em pascals					
Quantidade de pavimentos	Altura máxima	Região do país	Pressão de ensaio (P_e) positiva e negativa $P_e = P_p \times 1,2$	Pressão de segurança (P_s) positiva e negativa $P_s = P_e \times 1,5$	Pressão de água (P_a) $P_a = P_p \times 0,20$
10	30 m	I	500	750	80
		II	680	1 030	110
		III	890	1 340	150
		IV	1 130	1 700	190
		V	1 400	2 090	230

ENSAIOS NORMATIVOS

Ensaio de Permeabilidade ao ar

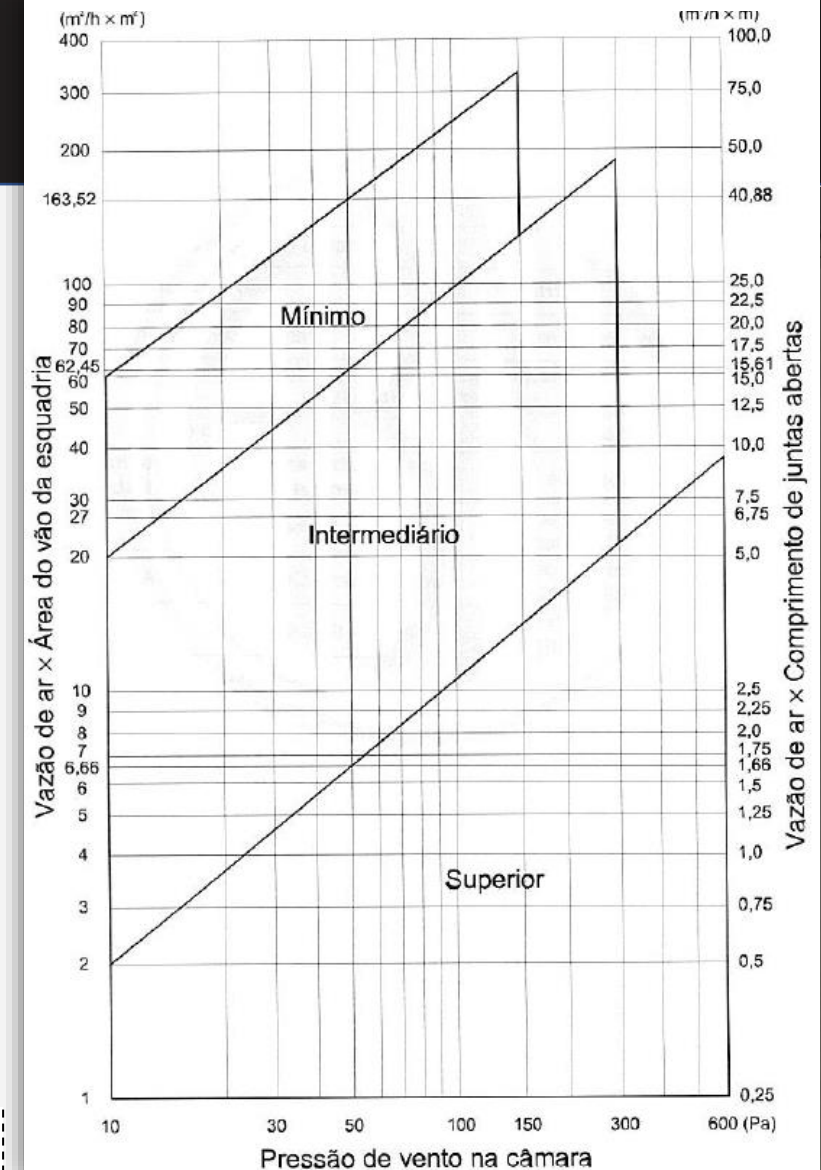
Determina-se a vazão de ar que passa pela esquadria, em metros cúbicos por hora. Mede-se a vazão de ar necessária para atingir 50 Pa. Quanto maior a vazão necessária, mais permeável é a esquadria, ou seja, possui frestas ou aberturas que permitem a passagem de ar.

Critérios (consultar gráfico do Anexo C da ABNT NBR 10821-2)

	Superior	Intermediário	Mínimo
Vazão por área ($\frac{m^3}{h} \times m^2$)	< 6,65	6,66 a 62,44	62,45 a 163,52
Vazão por comprimento ($\frac{m^3}{h} \times m$)	< 1,65	1,66 a 15,60	15,61 a 40,88

Ambiente climatizado, a janela não pode ter o seu desempenho, quanto à permeabilidade ao ar, acima de um nível de desempenho.

Gráfico do Anexo C da ABNT NBR 10821-2



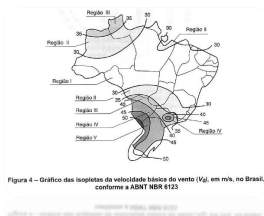
ENSAIOS NORMATIVOS

Ensaio de Estanqueidade à água

A esquadria não pode apresentar vazamentos que provoquem o escoamento de água pelas paredes ou componentes sobre os quais esteja fixada, quando submetida:



Vazão de água (Q_a) de $(2 \pm 0,2) \frac{L}{min}$ por bico.



Pressões de ensaio correspondentes às regiões de aplicação.

Superior

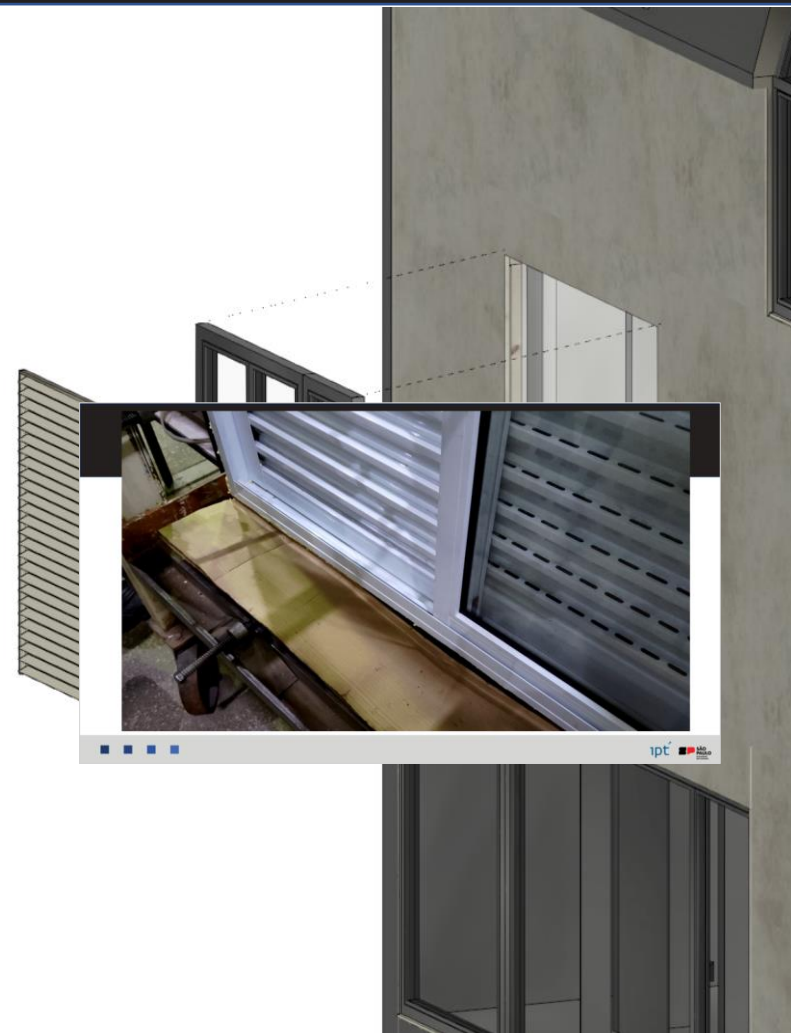
Não é permitida a passagem de água em qualquer parte da esquadria, deve ser estanque.

CrITÉrios Intermediário

Permitido acúmulo de água no perfil inferior do marco.

Mínimo

Permitida passagem de água entre os perfis da esquadria, **desde que não ultrapasse a face interna** da parede.





ENSAIOS NORMATIVOS

Ensaio de Resistência às Cargas Uniformemente Distribuídas

A esquadria é submetida, conforme a localização e altura à:

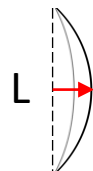
Pressão de ensaio e **não pode:**



apresentar ruptura, ou **“colapso”** total ou parcial de seus componentes (incluindo vidros)



Ter seu desempenho **deteriorado** em relação às operações de manuseio (abertura e fechamento)



Deflexão

Apresentar deflexão **máxima** instantânea superior a $L/175$ do perfil (**nenhum caso superior a 30 mm**)

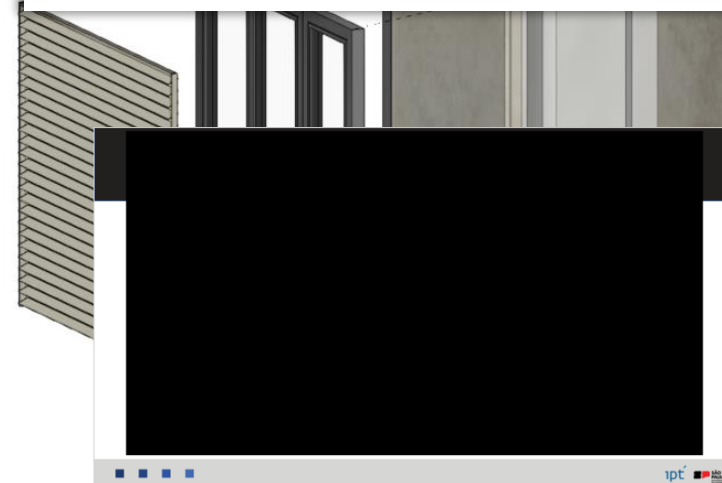
Apresentar **deformação** (deslocamento) **residual** superior a 0,4% do comprimento livre (L) do perfil

Pressão de segurança e **não pode:**



Ocorrer **desprendimento total** de nenhuma de suas partes, independentemente do dano causado à esquadria.

Após este ensaio, não é necessário a realização do ensaio de permeabilidade ao ar no caso de esquadrias instaladas em ambientes não climatizados.



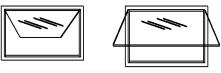
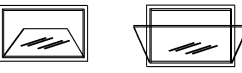
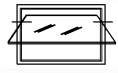
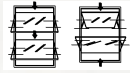
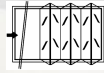


ENSAIOS NORMATIVOS

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);
- **Ciclos de abertura e fechamento** (ABNT NBR 10821-3, Anexo D)

	 Esquadria de giro e pivotante	 Esquadria projetante	 Esquadria de tombar	 Esquadria basculante	 Esquadria de correr	 Esquadria projetante-deslizante (maxim-ar)	 Esquadria sanfona (camarão)	 Esquadria guilhotina
Esforço torsor	✓ 2	✓ 2	✓ 2	✓ 2		✓ 2		
Esforço vertical (e horizontal)	✓ 3				✓ 2		✓ 2	✓ 2
Arrancamento das articulações	✓ 5	✓ 3	✓ 3	✓ 3		✓ 3	✓ 3	
Resistência à flexão					✓ 3	✓ 4	✓ 4	✓ 3
Resistência ao travamento da folha								✓ 4
Fechamento brusco	✓ 4							
Ciclos de abertura e fechamento	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1	✓ 1

Sequência “n”
dos ensaios

n

n

• Operações de Manuseio

• Segurança nas Operações de Manuseio

ENSAIO CÍCLICO DE ABERTURA E FECHAMENTO

Ensaio de Resistência às Operações de Manuseio

- Ciclos completos de abertura e fechamento

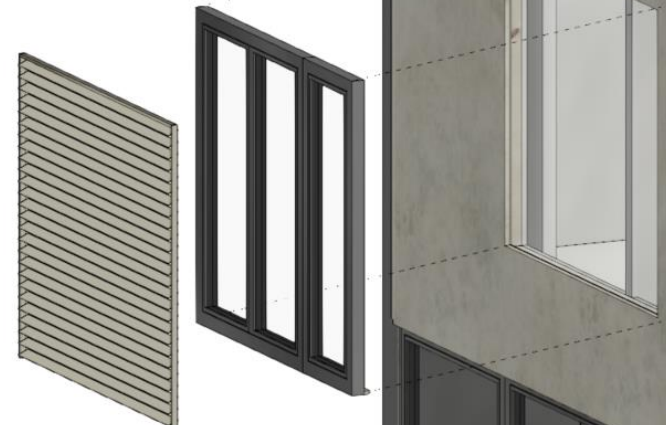
A esquadria, qualquer que seja o tipo de movimentação, deverá suportar 10 000 ciclos completos de abertura e fechamento. Ao término:

Critérios

Esforço aplicado de
abertura não pode ser
maior que 100 N.

Esforço aplicado de
fechamento não pode
ser maior que 50 N.

Todos os tipos
de esquadrias
são ensaiadas.



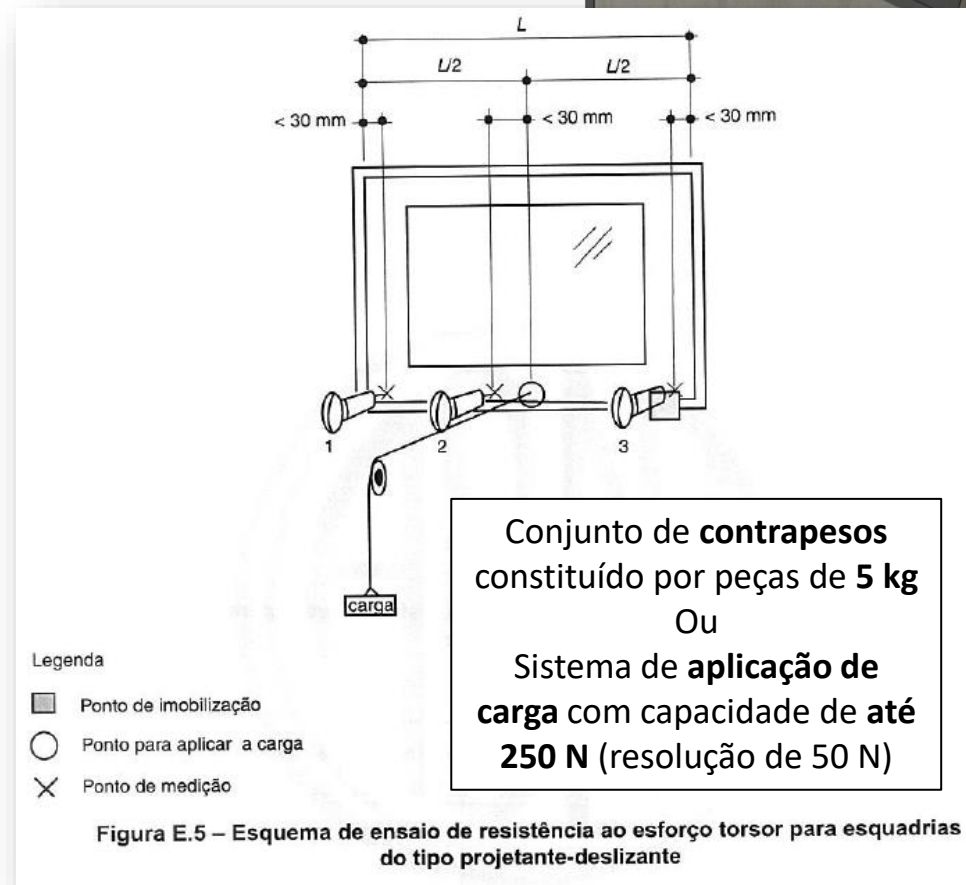
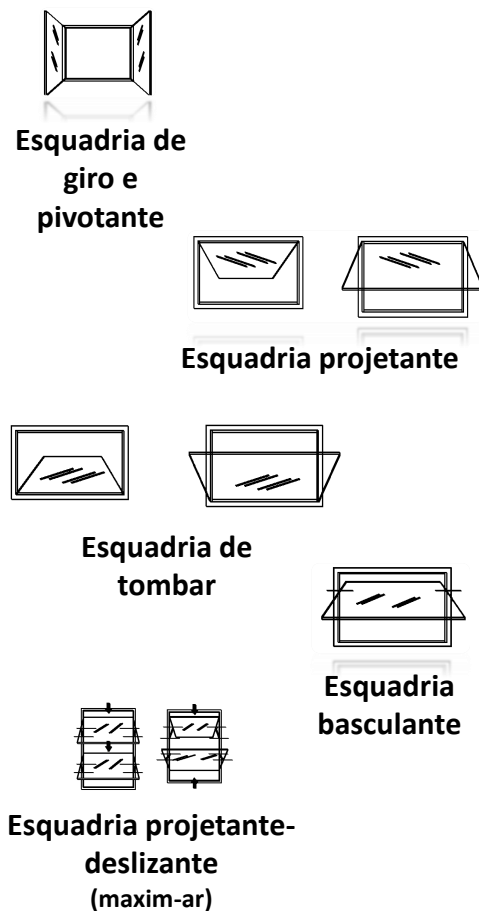
Se a esquadria tiver
movimentos compostos,
estes também deverão
também ser ensaiados.

ENSAIO DE ESFORÇO TORSOR

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



ENSAIO DE ESFORÇO VERTICAL (E HORIZONTAL)

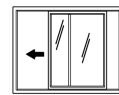
Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



Esquadria de giro e pivotante



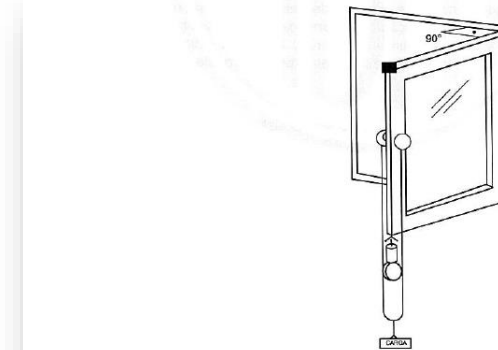
Esquadria de correr



Esquadria sanfona (camarão)



Esquadria guilhotina



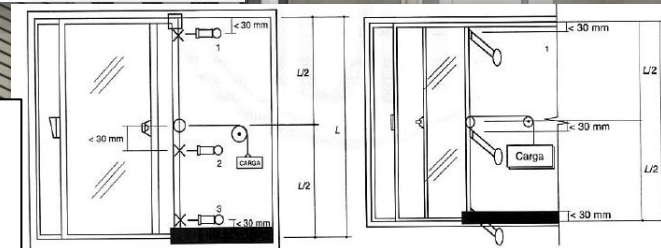
Legenda

- Ponto de imobilização
- Ponto para aplicar a carga
- × Ponto de medição

Figura F.1 – Esquema de ensaio de deformação diagonal para esquadrias dos tipos de giro e pivotante

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 500 N** (resolução 50 N)

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 400 N** (resolução 50 N)



Legenda

- Ponto de imobilização
- Ponto para aplicar a carga
- × Ponto de medição

a) Janela de duas folhas

b) Janela com mais de duas folhas

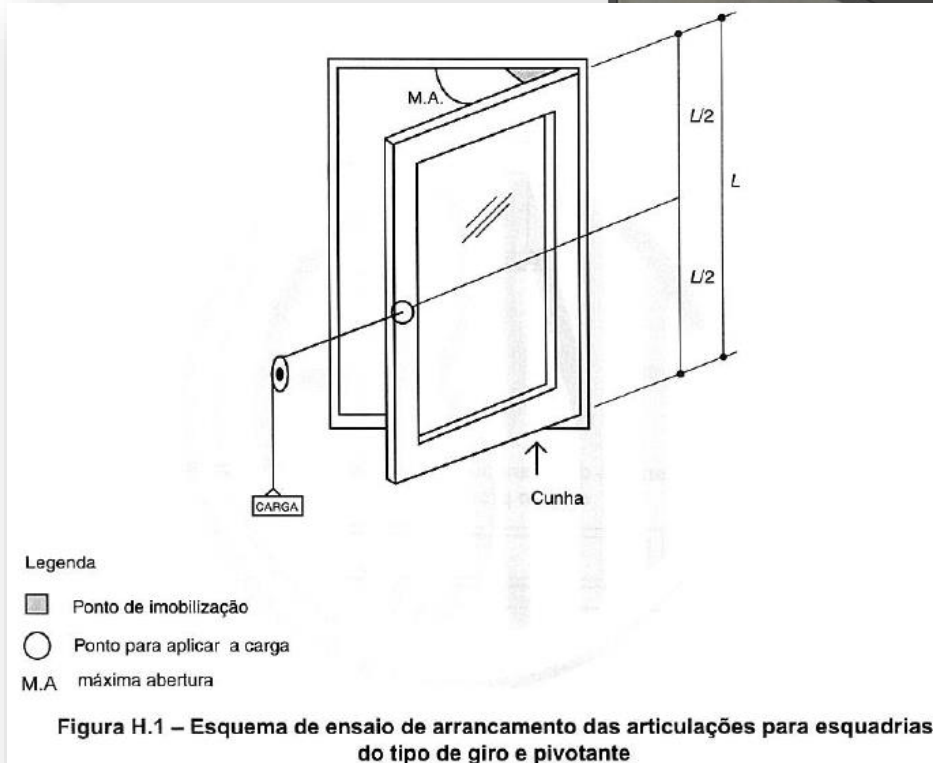
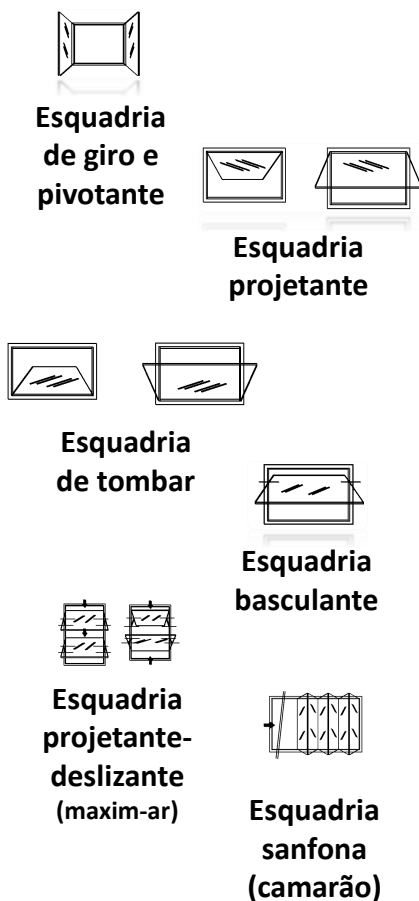
Figura G.1 – Esquema de ensaio de resistência ao esforço horizontal, no plano da folha, com o canto inferior imobilizado, para esquadrias do tipo de correr (vista interna)

ENSAIO DE ARRANCAMENTO DAS ARTICULAÇÕES

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até**
200 N (resolução 50 N)

ENSAIO DE RESISTÊNCIA À FLEXÃO

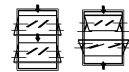
Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- Esforço torsor (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- Esforço vertical (e horizontal) (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- Arrancamento das articulações (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- Resistência à flexão (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- Resistência ao travamento da folha (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- Fechamento brusco (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



Esquadria de correr



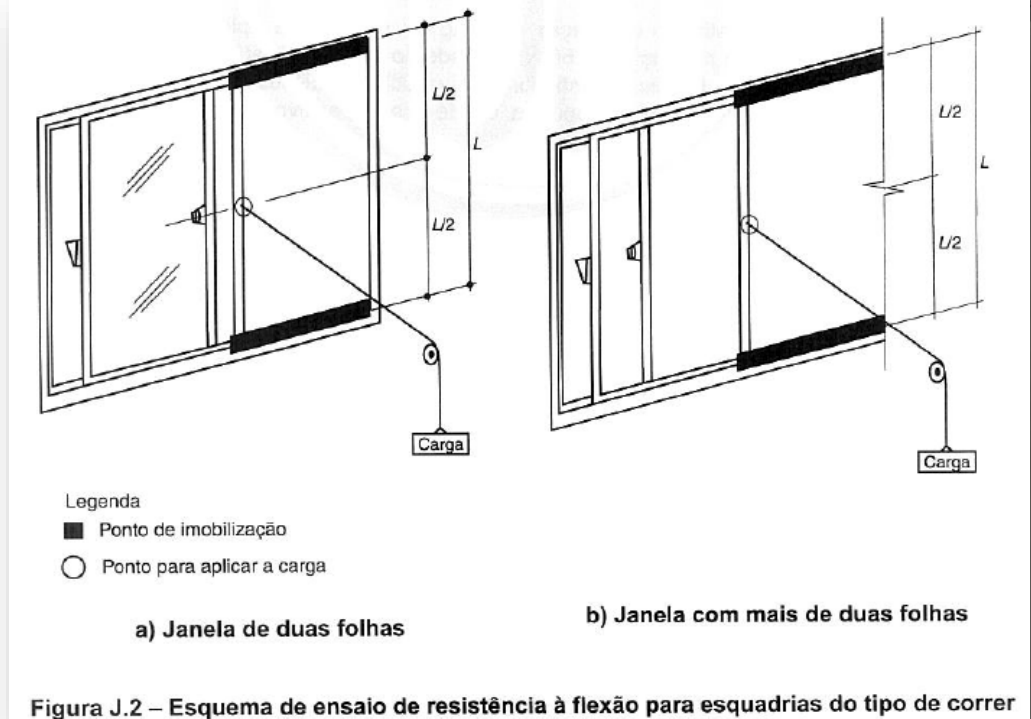
Esquadria projetante-deslizante (maxim-ar)



Esquadria sanfona (camarão)



Esquadria guilhotina



Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 400 N** (resolução 50 N)

ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO TRAVAMENTO DA FOLHA

Ensaio de Operações de Manuseio

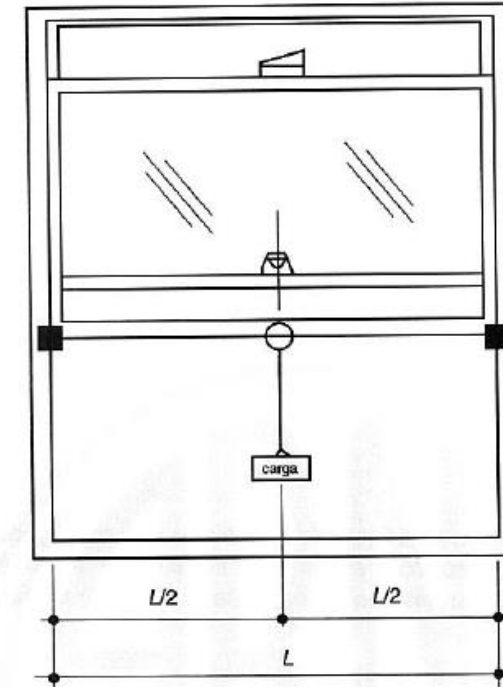
As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);

Conjunto de **contrapesos**
constituído por peças de **5 kg**
Ou
Sistema de **aplicação de carga**
com capacidade de **até 400 N**
(resolução 50 N)



Esquadria
guilhotina



Legenda

○ Ponto para aplicar a carga

Figura K.1 – Esquema de ensaio de resistência do sistema de travamento da folha

ENSAIO DE FECHAMENTO BRUSCO

Ensaio de Operações de Manuseio

As esquadrias devem resistir aos ensaios:

- **Esforço torsor** (ABNT NBR 10821-3, Anexo E);
- **Esforço vertical (e horizontal)** (ABNT NBR 10821-3, Anexo F, G e I);
- **Arrancamento das articulações** (ABNT NBR 10821-3, Anexo H);
- **Resistência à flexão** (ABNT NBR 10821-3, Anexo J)
- **Resistência ao travamento da folha** (ABNT NBR 10821-3, Anexo K).
- **Fechamento brusco** (ABNT NBR 10821-3, Anexo M);



Esquadria de giro e pivotante

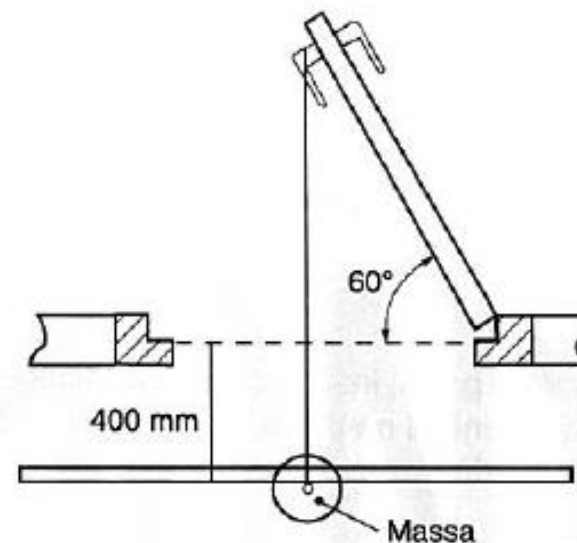


Figura M.1 – Esquema de montagem do ensaio de verificação da resistência ao fechamento brusco

Conjunto de **contrapesos** constituído por peças de **5 kg**
Ou

Sistema de **aplicação de carga** com capacidade de **até 150 N** (resolução 50 N)

ENSAIO CÍCLICO ACELERADO DE CORROSÃO

Ensaio Cíclico Acelerado de Corrosão

Todos os corpos de prova devem apresentar, no início do ensaio, grau de enferrujamento igual a $Ri0$ (isento de enferrujamento), conforme ABNT NBR ISO 4628-3, e grau de empolamento igual a $d0/t0$, conforme ABNT NBR 5841.

Ri : Grau de enferrujamento
 $Ri0$ = 0% de área enferrujada

d/t : Grau de empolamento
 $D0$: isento de bolhas quanto à densidade de distribuição
 $t0$: isento de bolhas quanto ao tamanho

CrITÉRIOS (Tabela 4 da ABNT NBR 10821-2)

Corrosão Mínima

2 ciclos
acelerados
de corrosão

Corrosão Intermediária

4 ciclos
acelerados
de corrosão

Corrosão Superior

6 ciclos
acelerados
de corrosão

Ensaio aplicado somente em esquadrias de aço.

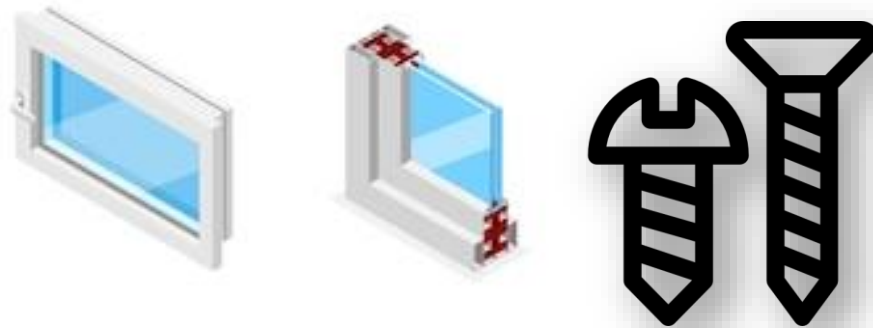


*Isento de ferrugem, isto é, isento de corrosão vermelha.

ENSAIO CÍCLICO ACELERADO DE CORROSÃO

Observação para esquadrias de alumínio

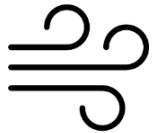
Perfis de alumínio
devem ser protegidos
por anodização ou
pintura



- Parafusos de fixação dos perfis em aço inoxidável com estrutura austenítica;
- Parafusos de outros materiais, com ou sem revestimento, devem atender ao desempenho da classe 4, conforme BS EN 1670, quando submetida a 240h em câmara de névoa salina neutra, conforme ABNT NBR 8094.

ENSAIOS NORMALIZADOS - SÍNTESE

Permeabilidade ao ar



Estanqueidade à água



Cargas uniformemente distribuídas



Operações de manuseio



- Esforço torsor;
- Esforço vertical (e horizontal);
- Arrancamento das articulações;
- Resistência à flexão;
- Resistência ao travamento da folha;
- Fechamento brusco.

Durabilidade

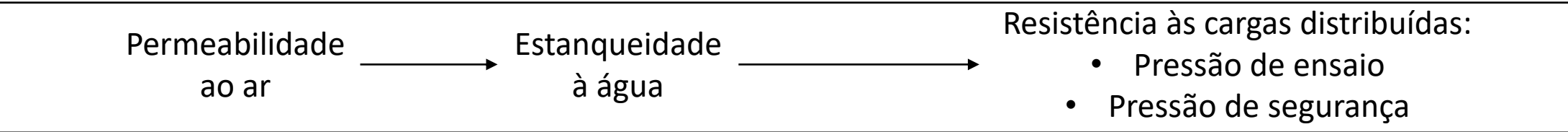


- Ciclos acelerados de corrosão;
- Ciclos de abertura e fechamento.

ENSAIOS NORMALIZADOS - SEQUÊNCIA

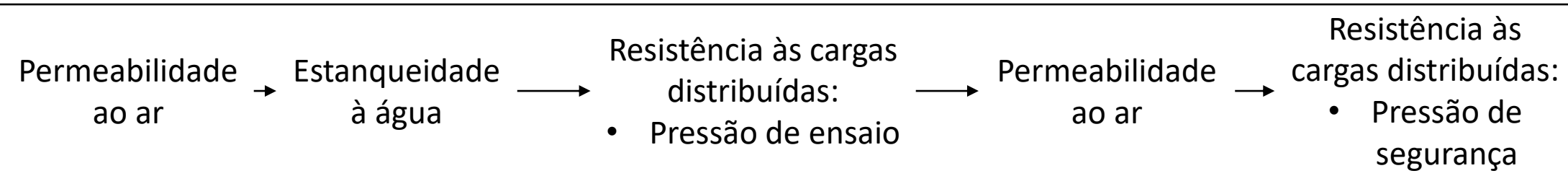
Ambiente não climatizado

1º Corpo de Prova

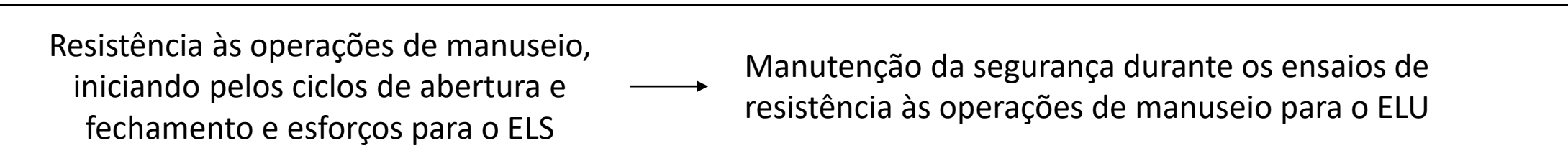


Ambiente climatizado

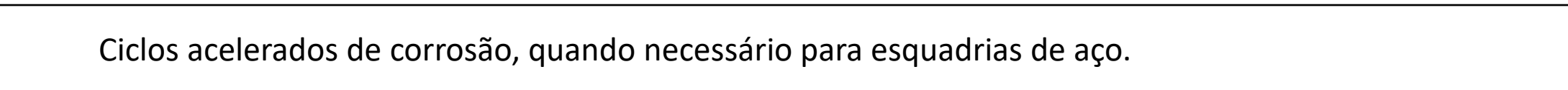
1º Corpo de Prova



2º Corpo de Prova



3º Corpo de Prova



Corpos de prova: 2 ou 3 distintos.

ENSAIOS NORMALIZADOS - COMPONENTES

Vidros para construção civil (ABNT NBR 7199)

Roldanas (ABNT NBR 15969-1)

Perfis das esquadrias

- Esquadrias de alumínio
 - Perfis de alumínio (ABNT NBR 12609 e 14125)
 - Parafusos aço inoxidável (ABNT NBR 5601)
 - Outros parafusos (BS EN 1670 e ABNT NBR 8094)
- Esquadrias de aço
 - Aço-carbono e suas ligas (ABNT NBR 10821-2 e 10821-3)
 - Aço inoxidável (ABNT NBR 5601)
- Esquadrias de PVC (policloreto de vinil) (BS EN 12608)
 - Reforços metálicos (BS 7412)
- Esquadrias de Madeira (ABNT NBR 7190)

Escovas de vedação
(ABNT NBR 15969-2)

Guarnições elastoméricas
(EPDM) (ABNT NBR 13756)

Fechaduras de embutir (ABNT
NBR 14913)

Entre outros...

Obrigado!

Claudio Vicente Mitidieri Filho
claumit@ipt.br

Guilherme Akyo Cremonesi
gcremonesi@ipt.br

Maurício Marques Resende
mresende@ipt.br



linkedin.com/school/iptsp/



instagram.com/ipt_oficial/



youtube.com/@IPTbr/

www.ipt.br