

Relatório de Auditoria — BrainWind

Provedor: minimax (MiniMax-M3) | 15/07/2026, 18:59:25

Resumo

Total de Cenários:	100
Pass:	82
Warn:	4
Fail:	14

Galpão — 31/46 (W:1 F:14)

blessmann-galpao-30x15x6 — Pressões e coeficientes aerodinâmicos corretos, mas o app falhou em detectar que a força de atrito é obrigatória (I0/h=5>4).

PASS	Fator S2 (z=6m, Cat II-B)	0.936 (0.932 (linear) ou 0.936 (log))
PASS	Velocidade característica V _k	37.44 (40 × 1 × 0.936 × 1 = 37.44 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.8593 (0.613 × 37.44² / 1000 = 0.8593 kN/m²)
PASS	Coeficiente de pressão interna C _{pi0} (0.0 (quatro faces igualmente permeáveis))	
PASS	C _{pe} paredes (±=0°h/b=0.4, a/b=2.0)	A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Pressões zonas paredes	p _A =-0.687, p _B =-0.344, p _C =+0.602, p _D =-0.258 (p _A =-0.687, p _B =-0.344, p _C =+0.602, p _D =-0.258)
PASS	C _{pe} telhado (±=10°duas águas)	E=-1.0, F=-1.0, G=H=I=J=-0.6 (E=-1.0, F=-1.0, G=H=I=J=-0.6)
PASS	Pressões zonas telhado	p _E =-0.859, p _F =-0.859, p _G =p _H =p _I =p _J =-0.516 (p _E =p _F =-0.859, p _G =p _H =p _I =p _J =-0.516)
PASS	Coeficiente de arrasto C _a	1.2 (H 1.2√(I1=0.4, I1/I2=0.5, baixa turbulência))
FAIL	Aplicação da força de atrito	fricApplies=0, fricForce=0 (fricApplies=1 (I0/h=30/6=5 > 4)

blessmann-edificio-60x20x100 — Cálculos de V_k e q estão corretos. q = 1.2971 kN/m² exato. S2 = 1.15 conforme Tabela 3 para Cat III-C / z=100m. Cenário aparenta ser de validação da dinâmica do vento (sem C_{pe}/C_{pi} nos outputs).

PASS	Fórmula q = 0.613 × V _k ² / 1000	q = 1.2971 kN/m² (q = 0.613 × 46² / 1000 = 1.2971 kN/m²)
PASS	Velocidade característica V _k = V0 V _k = 46 m/s (V _k = 40 × 1 × 1.15 × 1 = 46 m/s) × S1 × S2 × S3	
PASS	Fator S2 (Cat III-C, z=100m) - Tabela 3	S2 = 1.15 (S2 = 1.15 (Tabela 3, linha z=100m, coluna III-C))
PASS	Classe estrutural	Classe C (dim = 60 m > 50 m ' Classe C)
PASS	S2 saturado?	Não saturado, S2 = 1.15 (z=100 < z _g =350m (Cat III) ' não saturado, valor tabelado usado)
PASS	C _{pi} [-0.9, +0.9]	Não fornecido (Não aplicável (outputs vazios - cenário de dinâmica do vento))

blessmann-s2-z5 — S2 = 0.92 em z=5m, Cat II, Classe B — match exato com a Tabela 3 da NBR 6123:2023.

PASS	Classe estrutural	Classe B (Classe B (dim=30, 20<dim<=50))
PASS	S2 em z=5m, Cat II-B (Tabela 3)	0.92 (0.92)
PASS	Consistência intermediate vs out- put	s2=0.92 (s2=0.92)
PASS	Piso normativo z>=5m	z=5m (z=5m é o piso normativo)

blessmann-s2-z10 — S2(z=10m, Cat II-B) = 0.98 calculado corretamente, compatível com Tabela 3 e fórmula de Blessmann.

PASS	Classe estrutural (B para dim=30)	Classe B (implícita pelo uso de S2 II-B) (Classe B (20 < 30 <= 50))
PASS	Categoria-Classe identificada	II-B (II-B)
PASS	S2 em z=10m (II-B)	0.98 (0.98)
PASS	Monotonicidade do S2	S2(10)=0.98 >= S2(5)=0.92 (S2(10) >= S2(5) para II-B)
PASS	Saturação em z _g	S2 não saturado (S2 não saturado (z=10 < z _g =300))

blessmann-s2-z20 — S2 = 1.04 para Cat II-B em z=20m está correto conforme Tabela 3 da NBR 6123:2023 e confirmando pela fórmula analítica com b, p, Fr.

PASS	Classe estrutural	Classe B (Classe B (dim=30m, 20<30<=50))
------	-------------------	--

PASS	S2 na Tabela 3 (II-B, z=20m)	S2 = 1.04 (S2 = 1.04)
PASS	S2 pela fórmula analítica (b, p, Fr)	S2 = 1.04 (S2 = 1.00 × 0.98 × 2 ^{0.09} = 1.0431 ' 1.04)
PASS	Saturação de S2	Não saturado, S2 cresce com z (z=20m < z _g =300m (Cat II), portanto não saturado)
PASS	Monotonicidade de S2	Não-decrescente conforme tabela (S2(II-B, 5m)=0.92 < S2(10m)=0.98 < S2(15m)=1.02 < S2(20m)=1.04 (não-decrescente))
PASS	z mínimo normativo (z>=5m)	z=20m, piso normativo atendido (z=20m >= 5m)

blessmann-s2-z50 — S2 = 1.13 para Cat II, Classe B, z=50m está correto conforme Tabela 3 da NBR 6123:2023 e pela fórmula $S2 = b \cdot Fr \cdot (z/10)^p$.

PASS	Classe Estrutural	Classe B (implícita pela combinação II-B) (Classe B (dim=30 está em 20<dim<=50))
PASS	Fator S2 (Cat II, Classe B, z=50m)	1.13 (1.13)
PASS	Monotonicidade de S2	1.13 (S2(z=40) = 1.11 d S2(z=50) = 1.13)
PASS	Saturação de S2	Não saturado (z=50m < z _g =300m (Cat II), não saturado)

blessmann-s2-z100 — S2 em z=100m para Cat II-B calculado corretamente como 1.20, conforme Tabela 3 da NBR 6123:2023.

PASS	Classe estrutural (dim=30m)	Classe B (Classe B (20 < 30 <= 50))
PASS	Parâmetros Cat II-B	b=1.00, p=0.09, Fr=0.98 (b=1.00, p=0.09, Fr=0.98)
PASS	z _g para Cat II	300 m (implícito) (300 m)
PASS	S2 pela fórmula	1.2 (~1.21 (fórmula) / 1.20 (tabela))
PASS	S2 pela Tabela 3	1.2 (1.20 (II-B, z=100m))

blessmann-s3-grupo1 — S3 = 1.11 para Grupo 1 está correto conforme Tabela 4 da NBR 6123:2023.

PASS	Fator S3 - Grupo 1	1.11 (1.11)
PASS	Consistência input-output	S3 input = S3 output = 1.11 (S3 input = S3 output = 1.11)

blessmann-s3-grupo2 — Validação do fator estatístico S3 = 1.06 para Grupo 2 — correto conforme Tabela 4 da NBR 6123:2023.

PASS	Fator S3 (Grupo 2 - Tabela 4)	1.06 (1.06)
PASS	Coerência do input com o output	1.06 (S3 retornado = S3 informado = 1.06)

blessmann-s3-grupo3 — S3 = 1.00 para Grupo 3 está correto conforme NBR 6123:2023, Tabela 4.

PASS	Fator Estatístico S3 (Grupo 3, Ed-1 (1.00) ificações padrão)	
PASS	Consistência Input " Intermediate Input=1, intermediate=1, output=1 (S3 input = intermediate = output = 1) Output	

blessmann-s3-grupo4 — S3 = 0.95 para Grupo 4 (depósitos/silos) está correto conforme Tabela 4 da NBR 6123:2023.

PASS	Fator Estatístico S3 - Grupo 4 (Tabela 4)	0.95 (0.95)
PASS	Coerência input ' intermediate ' output	0.95 (0.95)
PASS	Consistência com S3 por grupo (Blessmann)	S3 = 0.95 (S3(Grupo 4) = 0.95 conforme referência clássica (Blessmann, 1989))

blessmann-s3-grupo5 — S3 = 0.83 para Grupo 5 (construções temporárias) verificado corretamente conforme Tabela 4 da NBR 6123:2023.

PASS	Fator Estatístico S3 (Grupo 5)	0.83 (0.83)
PASS	Consistência input/output S3	0.83 (0.83)
PASS	Validade do valor S3	0.83 (0 < S3 <= 1.11)

galpao-varredura-0 — Cálculos de Vk, q, Cpi, Cpes de paredes e pressões estão corretos. Cpes de telhado são típicos. PORÉM fricApplies está errado: l0/h=5>4 deveria ativar a força de atrito.

PASS	Fator S2 (z=5m, Cat I Classe A)	1.06 (1.06)
PASS	Velocidade característica Vk	42.4 m/s (42.4 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.102 kN/m ² (1.1020 kN/m ²)
PASS	Coeficiente de pressão interna Cpi0	0.0
PASS	Cpe paredes (Tabela 6, ±=0°, h/b=0.4, a/b=2.0)	A=-0.8, B=-0.4, C=0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Pressões nas paredes	A=-0.882, B=-0.441, C=0.771, D=-0.331 (A=-0.882, B=-0.441, C=+0.771, D=-0.331)
PASS	Cpe telhado (Tabela 7, ±=0°, slope=10°)	E=-1, F=-1, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6 (E=-1.0, F=-1.0, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6)
PASS	Pressões no telhado	E=-1.102, F=-1.102, G=-0.661, H=-0.661, I=-0.661, J=-0.661 (E=-1.102, F=-1.102, G=-0.661, H=-0.661, I=-0.661, J=-0.661)

FAIL	Força de atrito (fricApplies)	0 (1 (l0/h = 5 > 4 ' atrito deveria aplicar))
PASS	Drag coefficient Ca	1.2 (~1.15-1.20)

galpao-varredura-1 — Todos os cálculos de S2, Vk, q, Cpi, Cpe de paredes e telhado, e pressões estão corretos. O Ca=1.2 é plausível. A fricção (fricApplies=0) está correta pela regra real NBR 6123:2023.

PASS	Fator S2 (Tabela 3)	0.94 (0.94)
PASS	Velocidade Característica Vk	37.6 m/s (37.6 m/s)
PASS	Pressão Dinâmica q	0.8666 kN/m² (0.8666 kN/m²)
PASS	Coefficiente de Pressão Interna Cpi	0.0 (0.0)
PASS	Cpe Paredes (Tabela 6)	A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Cpe Telhado (Tabela 7)	E=-1.0, F=-1.0, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6 (E=-1.0, F=-1.0, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6)
PASS	Pressão Zona A	-0.693 kN/m² (-0.693 kN/m²)
PASS	Pressão Zona B	-0.347 kN/m² (-0.347 kN/m²)
PASS	Pressão Zona C	+0.607 kN/m² (+0.607 kN/m²)
PASS	Pressão Zona D	-0.260 kN/m² (-0.260 kN/m²)
PASS	Pressão Zona E (Telhado)	-0.867 kN/m² (-0.867 kN/m²)
PASS	Pressão Zona F (Telhado)	-0.867 kN/m² (-0.867 kN/m²)
PASS	Pressão Zona G (Telhado)	-0.520 kN/m² (-0.520 kN/m²)
PASS	Pressão Zona H (Telhado)	-0.520 kN/m² (-0.520 kN/m²)
PASS	Pressão Zona I (Telhado)	-0.520 kN/m² (-0.520 kN/m²)
PASS	Pressão Zona J (Telhado)	-0.520 kN/m² (-0.520 kN/m²)
PASS	Coefficiente de Arrasto Ca	1.2 (~1.15 (interpolado))
WARN	Força de Atrito (aplicabilidade)	fricApplies=0 (Conforme NBR 6123:2023 (l1/l2e3/2 OR l1/hd1 OR l2/hd1): fricApplies=0)
PASS	Sinal Zona C (sotavento)	+0.7 (Positivo (+0.7))
PASS	Sinal Zonas E/F (telhado barlavento)	E=-1.0, F=-1.0 (Negativo (sucção))

galpao-varredura-2 — Cálculos de S2, Vk, q, Cpi, Cpe de paredes/telhado e pressões estão corretos, mas o app falha na verificação da aplicabilidade da força de atrito (l0/h=5>4 deveria acionar atrito, mas app retornou fricApplies=0)

PASS	Fator S2 (Cat I, Classe B, z=6m)	1.053 (1.052)
PASS	Velocidade característica Vk	42.12 m/s (42.12 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.0875 kN/m² (1.0875 kN/m²)
PASS	Coefficiente de pressão interna Cpi0	0 (four-equally-permeable))
PASS	Cpe Paredes (±=0°h/b=0.4, a/b=2.0)	A=-0.8, B=-0.4, C=0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Cpe Telhado (±=10°duas águas)	E=-1, F=-1, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6 (E=F=-1.0, G=H=I=J=-0.6)
PASS	Pressões em zonas de paredes	A=-0.87, B=-0.435, C=0.761, D=-0.326 (A=-0.870, B=-0.435, C=+0.761, D=-0.326)
PASS	Pressões em zonas de telhado	E=F=-1.087, G=H=I=J=-0.652 (E=F=-1.0875, G=H=I=J=-0.6525)
PASS	Coefficiente de arrasto Ca	1.2 (Ca H 1.1-1.2 (Figura 4))
FAIL	Aplicabilidade da força de atrito	fricApplies=0 (fricApplies=1 (l0/h=30/6=5 > 4))

galpao-varredura-3 — Cálculos principais corretos (S2, Vk, q, Cpi, Cpe, pressões), mas o app falha ao identificar que a força de atrito deveria ser aplicada (l0/h = 5 > 4).

PASS	Fator S2 (Cat II-B, z=6m)	0.936 (0.936)
PASS	Velocidade característica Vk	37.44 m/s (37.44 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.8593 kN/m² (0.8593 kN/m²)
PASS	Coefficiente de pressão interna Cpi0	0)
PASS	Cpe de paredes (Tabela 6)	A=-0.8, B=-0.4, C=0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Cpe de telhado (Tabela 7)	E=-1, F=-1, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6 (EF=-1.0, GH=-0.6, IJ=-0.6)
PASS	Pressões em paredes e telhado	A=-0.687, B=-0.344, C=0.602, D=-0.258, E=-0.859, F=-0.859, G=-0.516, H=-0.516, I=-0.516, J=-0.516 (A=-0.687, B=-0.344, C=+0.602, D=-0.258, E,F=-0.859, G-J=-0.516)
PASS	Coefficiente de arrasto Ca	1.2 (~1.15-1.20 (Faixa Figura 4))
FAIL	Força de atrito (aplicabilidade)	fricApplies=0 (fricApplies=1 (l0/h=5>4))

galpao-varredura-4 — Cálculos de Vk, q, Cpi, Cpe e pressões corretos. FALHA na regra de força de atrito: l0/h=6.25>4 deveria ativar fricApplies=1, mas app diz 0.

PASS	Fator S2	1.074 (1.072)
PASS	Velocidade característica Vk	42.96 m/s (42.96 m/s (com S2=1.074))
PASS	Pressão dinâmica q	1.1313 kN/m² (1.1313 kN/m²)
PASS	Cpi dentro do limite	Cpi = 0 (Cpi [-0.9, +0.9])
PASS	Cpe paredes (Tabela 6, ±=0°)	A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Pressões nas paredes	A=-0.905, B=-0.453, C=+0.792, D=-0.339 (A=-0.905, B=-0.453, C=+0.792, D=-0.339)
FAIL	Força de atrito aplica?	false (fricApplies=0) (true (l0/h = 6.25 > 4))
PASS	Classe estrutural	Implicita via S2 H 1.072-1.074 (consistente com Cat I-B/Classe B (50m d 50))
PASS	Coefficiente de arrasto (Ca)	1.2 (Ca H 1.1-1.2 (h/l1=0.4, l1/l2=0.4))

galpao-varredura-5 — Cálculo de pressões correto. FALHA: força de atrito deveria aplicar ($l_0/h=6.25>4$) mas app retorna $\text{fricApplies}=0$.

PASS	Fator S2 (rugosidade, altura)	0.961 (0.9605)
PASS	Velocidade característica V_k	38.44 m/s (38.44 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.9058 kN/m ² (0.9058 kN/m ²)
PASS	C_{pi} dentro de $[-0.9, +0.9]$	0 (0.0)
PASS	C_{pe} paredes (Tabela 6, $\pm 0^\circ$)	$A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3$ ($A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3$)
PASS	C_{pe} telhado (Tabela 7, $\pm 10^\circ$)	$E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4$ ($EH-0.8, FH-0.8, GH-0.4, IH-0.4$)
PASS	Pressões em paredes	$A=-0.725, B=-0.362, C=0.634, D=-0.272$ ($A=-0.725, B=-0.362, C=+0.634, D=-0.272$)
PASS	Pressões em telhado	$E=-0.725, F=-0.725, G=-0.362, H=-0.362, I=-0.362, J=-0.362$ ($E=-0.725, F=-0.725, G..J=-0.362$)
FAIL	Aplicação da força de atrito ($l_0/h > \text{fricApplies} = 0$ ($\text{fricApplies} = 1$ ($l_0/h = 50/8 = 6.25 > 4$))	4)
WARN	Coeficiente de arrasto C_a	1.2 (C_a H 1.10-1.15 ($h/l_1=0.4, l_1/l_2=0.4$))

galpao-varredura-6 — Pressões principais (paredes e telhado) calculadas corretamente. Verificação de aplicabilidade da força de atrito está incorreta (deveria aplicar pois $l_0/h = 6 > 4$), e como consequência a força de atrito é zero quando deveria ser ~40 kN.

PASS	Fator S2	1.06 (1.06)
PASS	Velocidade característica V_k	42.4 m/s (42.4 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.102 kN/m ² (1.102 kN/m ²)
PASS	Coeficiente de pressão interna C_{pi}	0.0 (0.0)
PASS	C_{pe} paredes (Tabela 6)	$A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3$ ($A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3$)
PASS	C_{pe} telhado (Tabela 7)	$E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4$ ($E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4$)
PASS	Pressões nas paredes	$A=-0.882, B=-0.441, C=0.771, D=-0.331$ ($A=-0.882, B=-0.441, C=+0.771, D=-0.331$)
PASS	Pressões no telhado	$E=-0.882, F=-0.882, G=-0.441, H=-0.441, I=-0.441, J=-0.441$ ($E=-0.882, F=-0.882, G=-0.441, H=-0.441, I=-0.441, J=-0.441$)
WARN	Coeficiente de arrasto C_a	1.2 (~1.13)
FAIL	Aplicabilidade da força de atrito	false ($\text{fricApplies} = 0$) (true ($l_0/h = 6 > 4$))
FAIL	Força de atrito	0 (> 0)

galpao-varredura-7 — Cálculos de pressão corretos, mas a força de atrito deveria ser aplicada ($l_0/h=6>4$) e o app ignora incorretamente.

PASS	Fator S2	0.95 (0.95)
PASS	Velocidade característica V_k	38 m/s (38 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.8852 kN/m ² (0.8852 kN/m ²)
PASS	Coeficiente de pressão interna C_{pi}	0.0 (0.0)
PASS	Classe estrutural	Implícito no S2 usado (Classe C (60 m > 50))
PASS	C_{pe} paredes (A, B, C, D)	$A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3$ ($A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3$)
PASS	C_{pe} telhado (E, F, G, H)	$E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4$ ($E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4$)
WARN	C_{pe} telhado (I, J)	$I=-0.4, J=-0.4$ (Não-padrão para $\pm 0^\circ$)
PASS	Pressões nas zonas	$A=-0.708, B=-0.354, C=+0.620, D=-0.266$, etc. ($A=-0.708, B=-0.354, C=+0.620, D=-0.266$, etc.)
FAIL	Aplicabilidade da força de atrito	$\text{fricApplies}=0$ ($\text{fricApplies}=1$ ($l_0/h=6 > 4$))
FAIL	Força de atrito	$\text{Fric} = 0$ ($\text{Fric} > 0$ (calculado))
WARN	Coeficiente de arrasto C_a	$C_a = 1.2$ (C_a H 1.13 (Figura 4))

galpao-varredura-8 — Auditoria aprovada: todos os cálculos estão matematicamente consistentes com as tabelas da NBR 6123:2023. A interpolação usada para $a/b=1.875$ (entre as duas faixas da Tab. 6) é prática de engenharia aceitável.

PASS	Velocidade característica V_k	42.4 m/s (42.4 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.102 kN/m ² (1.1020 kN/m ²)
PASS	Fator S2 (Cat I, Classe A, $z=5m$)	1.06 (1.06)
PASS	Classe estrutural	Classe A (Classe A (max dim=15m d 20m))
PASS	Pressão interna C_{pi}	0.0 (0.0 (quatro faces igualmente permeáveis))
PASS	C_{pe} paredes zona A	-0.9 (-0.9 (h/b [0.5,1.5]))
PASS	C_{pe} paredes zona B	-0.43 (-0.425 (interpolação entre -0.5 e -0.4))
PASS	C_{pe} paredes zona C (sotavento)	+0.7 (+0.7 (sinal positivo confirmado))
PASS	C_{pe} paredes zona D	-0.35 (-0.35 (interpolação entre -0.5 e -0.3))
PASS	C_{pe} telhado zonas E, F, G, H, I, J	$E=-1, F=-1, G/H/I/J=-0.6$ ($E=-1.0, F=-1.0, G/H/I/J=-0.6$) ($\pm 10^\circ$)
PASS	Cálculo de pressões ($p = q \times (C_{pe})$)	Todos coincidem com os valores do app ($A=-0.992, B=-0.474, C=0.771, D=-0.386, E=-1.102, F=-1.102, G/H/I/J=-0.661$)
PASS	Força de atrito (l_0/h ou $l_0/b > 4$)	0 ($\text{fricApplies} = 0$ ($l_0/h = 3, l_0/b = 1.875$, ambos $d \geq 4$))
PASS	Coeficiente de arrasto C_a	1.2 (C_a H 1.15-1.20 (baixa turbulência))
PASS	Limites normativos (C_{pi}, q)	$C_{pi}=0, q=1.102$ (C_{pi} [-0.9, +0.9], q e)0

galpao-varredura-9 — Galpão 8×15×5, Cat II, V0=40: S2, Vk, q, paredes (Tabela 6), pressões (p=q×(Cpe-Cpi)) e ausência de atrito todos em conformidade com a NBR 6123:2023.

PASS	Fator S2 (Cat II, Classe A, z=5m)	0.94 (0.94)
PASS	Velocidade característica Vk	37.6 m/s (37.6 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.8666 kN/m² (0.8666 kN/m²)
PASS	Coeficiente de pressão interna Cpi	0.0 (0.0)
PASS	Classe estrutural	A (A (max dim = 15m d 20m))
PASS	Cpe parede zona A (±=0°, h/b=0.625)	-0.9 (-0.9)
PASS	Cpe parede zona B (interpolação a/b=1.875)	-0.43 (-0.425)
PASS	Cpe parede zona C (sotavento)	0.7 (+0.7)
PASS	Cpe parede zona D (interpolação)	-0.35 (-0.35)
PASS	Cpe telhado zonas E/F/G/H (Tabela 7, ,=10°)	E=-1, F=-1, G=-0.6, H=-0.6 (EH-1.0, FH-1.0, G,H)-0.6
PASS	Pressão zona A	-0.78 (-0.780)
PASS	Pressão zona B	-0.373 (-0.3726)
PASS	Pressão zona C	0.607 (0.6066)
PASS	Pressão zona D	-0.303 (-0.3033)
PASS	Pressões zonas E e F	-0.867 (-0.8666)
PASS	Pressões zonas G/H/I/J	-0.52 (-0.5200)
PASS	Força de atrito (aplicabilidade)	0 (0 (l0/h=3 < 4 e l0/b=1.875 < 4))
PASS	Coeficiente de arrasto Ca	1.2 (H1.1 a 1.22)

galpao-varredura-10 — Cálculos de pressão e coeficientes estão corretos, mas o app falha em detectar a aplicabilidade da força de atrito (l0/h=5.71>4 indica que atrito deve ser considerado).

PASS	Fator S2	1.064 (1.063)
PASS	Velocidade Característica Vk	42.56 m/s (42.56 m/s)
PASS	Pressão Dinâmica q	1.1104 kN/m² (1.1104 kN/m²)
PASS	Coeficiente de Pressão Interna Cpi	0 (0)
PASS	Cpe Paredes - Zona A	-0.8 (-0.8)
PASS	Cpe Paredes - Zona B	-0.48 (-0.48)
PASS	Cpe Paredes - Zona C	0.7 (+0.7)
PASS	Cpe Paredes - Zona D	-0.38 (-0.38)
PASS	Cpe Telhado (E, F, G, H, I, J)	E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4 (E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4)
PASS	Pressões (zonas A-J)	Todos os valores batem (p = q × (Cpe - Cpi))
PASS	Coeficiente de Arrasto Ca	1.2 (H 1.13-1.20)
FAIL	Força de Atrito (aplicabilidade)	fricApplies = 0 (fricApplies = 1 (l0/h = 40/7 = 5.71 > 4))

galpao-varredura-11 — Cálculo de q, Vk, Cpi, Cpe (paredes e telhado) e pressões está CORRETO, mas o app IGNORA a força de atrito mesmo com l0/h=5.71>4, violando NBR 6123 Seção 6.1.5. FAIL.

PASS	Fator S2 (z=7m, Cat II, Classe B)	0.949 (0.9490)
PASS	Velocidade característica Vk	37.96 m/s (37.96 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.8833 kN/m² (0.8831 kN/m²)
PASS	Coeficiente de pressão interna Cpi	0.0 (0.0)
PASS	Cpe paredes (±=0°interpolação a/b=1.6)	A=-0.8, B=-0.48, C=0.7, D=-0.38 (A=-0.8, B=-0.48, C=+0.7, D=-0.38)
PASS	Cpe telhado (±=0°, ,=10°)	E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4 (E=-0.8, F=-0.8, G=H=I=J=-0.4)
PASS	Pressões em zonas A-J	A=-0.707, B=-0.424, C=0.618, D=-0.336, E=-0.707, F=-0.707, G=-0.353, H=-0.353, I=-0.353, J=-0.353 (AH-0.707, BH-0.424, CH+0.618, DH-0.336, EH-0.707, FH-0.707, G,H,I,JH-0.353)
PASS	Coeficiente de arrasto (drag)	1.2 (H1.15-1.20H/I1=0.28, I1/I2=0.625))
FAIL	Força de atrito — aplicabilidade	fricApplies=0 (fricApplies=1 (VERDADEIRO))

galpao-varredura-12 — Cálculos de pressão, Cpe e q estão corretos, mas o app falhou em detectar a aplicabilidade da força de atrito (l0/h = 80/12 = 6.67 > 4 deveria acionar fricApplies = 1).

PASS	Classe estrutural	Classe C (implícito pelo S2=1.078 com parâmetros Cat I-C) (Classe C (maior dimensão = 80 m > 50 m))
PASS	Fator S2	1.078 (S2 H 1.0777)
PASS	Velocidade característica Vk	43.12 (Vk = 40·1·1.078·1 = 43.12 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.1398 (q = 0.613·43.12²/1000 = 1.1398 kN/m²)
PASS	Coeficiente de pressão interna Cpi	0 (Cpi = 0.0 (quatro faces igualmente permeáveis))
PASS	Cpe paredes (Tabela 6)	A=-0.8, B=-0.4, C=0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3 (h/b=0.3, a/b=2.0, ±=0°))
PASS	Cpe telhado (Tabela 7)	E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4 (EH-0.8, FH-0.8, GH-0.4, HI=-0.4, JH-0.4 (a/be2))
PASS	Cálculo das pressões p = q·(Cpe-Cpi)	A=-0.912, B=-0.456, C=0.798, D=-0.342, E=F=-0.912, G...J=-0.456 (p(A)=-0.912, p(B)=-0.456, p(C)=+0.798, p(D)=-0.342, p(E...J)=-0.912 ou -0.456)

PASS	Coeficiente de arrasto Ca	1.2 (Ca H 1.15 (h/l1=0.3, l1/l2=0.5, baixa turbulência))
FAIL	Força de atrito - condição de apli-fricApplies = 0 (fricApplies = 1 (l0/h = 80/12 = 6.67 > 4))	cação

galpao-varredura-13 — Cálculos de q, Vk, Cpi, Cpe de paredes e pressões estão corretos. Falha na verificação de aplicabilidade da força de atrito: l0/h=6.67>4 indica que fricApplies deveria ser 1, mas o app retorna 0.

PASS	Fator S2	0.968 (0.9675)
PASS	Velocidade característica Vk	38.72 m/s (38.72 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.919 kN/m² (0.9188 kN/m²)
PASS	Cpi (intervalo [-0.9, +0.9])	0 (0)
PASS	Cpe Paredes (Tabela 6, ±=0°, h/bd0.5, a/be2.0)	A=-0.8, B=-0.4, C=0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Cpe Telhado (Tabela 7)	E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4 (E=-0.8, F=-0.8, G=-0.4, H=-0.4, I=-0.4, J=-0.4)
PASS	Pressão zona A	-0.735 kN/m² (-0.735 kN/m²)
PASS	Pressão zona C (sotavento)	+0.643 kN/m² (+0.643 kN/m²)
FAIL	Força de Atrito (fricApplies)	0 (falso) (1 (verdadeiro, pois l0/h=80/12=6.67>4))
PASS	Ca (arrasto)	1.2 (H1.15-1.20)

galpao-varredura-14 — Galpão 12x24x5 Cat I com ±=0°S2, Vk, q, Cpi, Cpe de paredes (todos os 4 valores) e pressões calculados corretamente. Ca coerente. Atrito corretamente identificado como não aplicável.

PASS	Fator S2 (z=5m, Cat I, Classe B)	1.04 (1.04)
PASS	Classe estrutural	Classe B (S2=I-B=1.04) (Classe B (maior dimensão 24m))
PASS	Velocidade característica Vk	41.6 m/s (40 × 1 × 1.04 × 1 = 41.6 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.0608 kN/m² (0.613 × 41.6² / 1000 = 1.0608 kN/m²)
PASS	Coeficiente de pressão interna Cpi0 (0 (four-equally-permeable))	
PASS	Cpe parede zona A (barlavento)	-0.8 (A1/B1 = -0.8 (h/bd0.5, a/be2)0)
PASS	Cpe parede zona B	-0.4 (A2/B2 = -0.4 (h/bd0.5, a/be2)0)
PASS	Cpe parede zona C (sotavento)	+0.7 (+0.7 (h/bd0.5, a/be2)0)
PASS	Cpe parede zona D	-0.3 (-0.3 (h/bd0.5, a/be2)0)
PASS	Pressão pA	-0.849 kN/m² (1.0608 × (-0.8 - 0) = -0.849 kN/m²)
PASS	Pressão pB	-0.424 kN/m² (1.0608 × (-0.4 - 0) = -0.424 kN/m²)
PASS	Pressão pC	+0.743 kN/m² (1.0608 × (0.7 - 0) = +0.743 kN/m²)
PASS	Pressão pD	-0.318 kN/m² (1.0608 × (-0.3 - 0) = -0.318 kN/m²)
PASS	Cpe telhado zonas E/F	E=-1, F=-1 (negativas) (Negativas (sucção) — checklist item 9)
PASS	Pressões telhado (E,F,G,H,I,J)	pE=pF=-1.061; pG=pH=pI=pJ=-0.636 (pE=pF=-1.061; pG...J=-0.636)
PASS	Coeficiente de arrasto Ca	1.2 (~1.16-1.20 (h/l1H0.42, l1/l2=0.5))
PASS	Aplicabilidade da força de atrito	fricApplies=0, fricForce=0 (fricApplies=0 (l0/h=2.4 e l0/b=1.0, nenhum > 4))
PASS	Sinal zona C (sotavento)	Cpe_C = +0.7 (Cpe_C > 0 para ±=0° (checklist item 8))

galpao-varredura-15 — Cálculo de pressões correto e coerente com NBR 6123:2023 (Vk, q, Cpe, pressões); única ressalva é que fricção deveria aplicar pois l0/h = 4.8 > 4, mas app retorna zero.

PASS	Velocidade característica Vk	36.8 m/s (36.8 m/s (= 40 × 1 × 0.92 × 1))
PASS	Pressão dinâmica q	0.8301 kN/m² (0.8301 kN/m² (= 0.613 × 36.8² / 1000))
PASS	Fator S2 (Cat II, Classe B, z=5 m)	0.92 (0.92)
PASS	Cpi (four-equally-permeable) e limites normativos	0.0 (0.0 [-0.9, +0.9])
PASS	Cpe paredes (Tabela 6, ±=0°, h/bd0.5, a/be2)	A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3)
PASS	Cpe telhado (Tabela 24 shed / duas águas, ±=0°, ,=10°)	E=-1.0, F=-1.0, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6 (E=-1.0, F=-1.0, G=-0.6, H=-0.6, I=-0.6, J=-0.6)
PASS	Pressões em zonas de parede (p = q × (Cpe Cpi))	A=-0.664, B=-0.332, C=0.581, D=-0.249 (A=-0.664, B=-0.332, C=+0.581, D=-0.249 kN/m²)
PASS	Pressões em zonas de telhado	E=F=-0.830, G=H=I=J=-0.498 (E=F=-0.830, G=H=I=J=-0.498 kN/m²)
PASS	Sinal da zona C (sotavento) em ±=0°	Cpe_C = +0.7 ' p_C = +0.581 (Cpe_C > 0 (sotavento tem sobrepressão com Cpi=0))
PASS	Sinal das zonas E, F (barlavento/sucção)	Cpe_E,F = -1.0 ' p_E,F = -0.83 (Cpe_E,F < 0 (sucção em telhado exposto))
PASS	Coeficiente de arrasto Ca (drag)	1.2 (H 1.14-1.20 (h/l1=0.42, l1/l2=0.5))
WARN	Aplicabilidade da força de atrito (l0/h e l0/b)	fricApplies = 0, fricForce = 0 (fricApplies = true (l0/h = 4.80 > 4))

galpao-varredura-16 — FAIL: dois erros graves — Cpe da zona F do telhado está errado (-1.0 ao invés de -0.6) e a regra de atrito foi violada (l0/h=6>4 mas fricApplies=0). Há também inconsistência menor no Cpe H.

PASS	Classe estrutural	Cat I-B usado para S2 (Classe B (maior dim = 36 m))
PASS	Fator S2 (z=6m, Cat I-B)	1.053 (1.052 (interpolação ou fórmula))
PASS	Velocidade característica Vk	42.12 m/s (Vk = 40 × 1 × 1.053 × 1 = 42.12 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.0875 kN/m² (q = 0.613 × 42.12² / 1000 = 1.0875 kN/m²)
PASS	Cpi (four equally permeable)	0.0 (Cpi = 0.0)

PASS	Cpe parede zona A	-0.8 (-0.8 (h/bd0.5, a/be2)0)
PASS	Cpe parede zona B	-0.4 (-0.4)
PASS	Cpe parede zona C (sotavento)	+0.7 (+0.7)
PASS	Cpe parede zona D	-0.3 (-0.3)
PASS	Cpe telhado zona E	-1.0 (-1.0 (,=10°,h/bd0.5))
FAIL	Cpe telhado zona F	-1.0 (-0.6 (,=10°,h/bd0.5, Tabela 7=0°))
PASS	Cpe telhado zona G	-0.6 (-0.6)
WARN	Cpe telhado zona H	-0.6 (-0.4 (h/bd0.5) ou possivelmente -0.6)
WARN	Zonas I e J do telhado	I=-0.6, J=-0.6 (Não deveriam existir (Tabela 7 só tem E,F,G,H))
FAIL	Pressão zona F	-1.087 kN/m² (1.0875 × (-0.6 - 0) = -0.6525 kN/m²)
WARN	Pressão zona H	-0.652 kN/m² (-0.4350 kN/m² (com H=-0.4))
PASS	Coeficiente de arrasto (Ca)	1.2 (Ca H 1.1-1.2 (h/l1=0.33, l1/l2=0.5))
FAIL	Força de atrito - aplicabilidade	0 (fricApplies=1 (l0/h = 36/6 = 6 > 4))
FAIL	Força de atrito - valor	0 kN (F' = Cf × q × A_f`Q

galpao-varredura-17 — Cálculos de q, Vk, S2, Cpi, Cpe de paredes/telhado e pressões estão corretos, MAS o app falhou em aplicar a força de atrito (l0/h=6 > 4 deveria acionar fricApplies=1).

PASS	Fator S2 (Cat II, Classe B, z=6m)	0.936 (0.936 (via fórmula b·Fr·(z/10)^p))
PASS	Velocidade característica Vk	37.44 (40 × 1 × 0.936 × 1 = 37.44 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.8593 (0.613 × 37.44² / 1000 = 0.8593 kN/m²)
PASS	Coeficiente de pressão interna Cpi0 (0.0 (four-equally-permeable))	
PASS	Wall Cpe ±=0°(l/b=0.333, a/b=2.0)A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3 (A=-0.8, B=-0.4, C=+0.7, D=-0.3 (Tabela 6))	
PASS	Roof Cpe ±=0°, ,=10°(Tabela 7)	E=F=-1.0, G=H=I=J=-0.6 (E=F=-1.0, G=H=I=J=-0.6 (baixa altura, telhado duas águas))
PASS	Pressões em paredes p = q·(Cpe-Cpi)	A=-0.687, B=-0.344, C=0.602, D=-0.258 (A=-0.687, B=-0.344, C=+0.602, D=-0.258)
PASS	Pressões em telhado p = q·(Cpe-Cpi)	E=F=-0.859, G=H=I=J=-0.516 (E=F=-0.859, G=H=I=J=-0.516)
WARN	Coeficiente de arrasto Ca	1.2 (~1.13–1.17 (h/l1=0.333, l1/l2=0.5, Figura 4))
FAIL	Força de atrito (l0/h ou l0/b > 4)	fricApplies = 0, fricForce = 0 (l0 = a = 36 m; l0/h = 36/6 = 6 > 4 ' fricApplies = 1 (atrito DEVE ser aplicado))

cpi-variant-0 — Cpi=+0.2 está correto para o caso 'two-opposite-permeable' com ±=0°conforme Tabela da Seção 6.3 da NBR 6123:2023.

PASS	Valor de Cpi conforme Tabela Seção 6.3	+0.2 (+0.2 (duas faces opostas igualmente permeáveis, ±=0°))
PASS	Cpi dentro do limite normativo [-0.9, +0.9]	0.2 (0.2 [-0.9, +0.9])
PASS	Coerência windAngle vs. perm-Case	windAngle=0° ' Cpi=+0.2(windAngle=0° '±=0°Cpi=+0.2)

cpi-variant-1 — Cpi = 0.0 corretamente atribuído para o caso de quatro faces igualmente permeáveis conforme Seção 6.3 da NBR 6123:2023.

PASS	Caso de permeabilidade — quatroCpi = 0 (Cpi = 0.0 (valor tabelado fixo))	faces igualmente permeáveis
PASS	Limite normativo Cpi [-0.9, +0.9]	Cpi = 0, dentro do intervalo [-0.9, +0.9] (0.0 [-0.9, +0.9] ' dentro do intervalo)
PASS	Coerência entre intermediates e outputs	intermediates.cpi = 0, intermediates.cpiRaw = 0, outputs.cpi = 0 (cpi e cpiRaw ambos iguais a 0.0)

cpi-variant-2 — Cpi = 0.3 para 'dominant-windward' com ratio=1 está dentro dos limites normativos e fisicamente coerente; auditoria PASS.

PASS	Cpi dentro do limite normativo [-0.9, +0.9]	0.3 (0.3 (dentro da faixa [-0.9, +0.9]))
PASS	Cpi dentro da faixa do caso 'dominant-windward' [+0.1, +0.8]	0.3 (dentro de [+0.1, +0.8])
PASS	Sinal de Cpi coerente com permeabilidade dominante na barlavento	0.3 (Cpi > 0 (sobrepresão interna))
PASS	Coerência entre cpi intermediário cpiRaw=0.3, cpi=0.3 (saída) (cpi intermediário = cpi final)	

cpi-variant-3 — Cpi = -0.3 calculado corretamente para o caso de permeabilidade dominante em sotavento com ratio = 1.

PASS	Caso de permeabilidade dominante-leeward identificado	dominant-leeward ' Cpi = -0.3(dominant-leeward ' Cpi [-0.8, -0.3])
PASS	Cpi dentro do limite normativo [-0.9, +0.9]	Cpi = -0.3 (Cpi [-0.9, +0.9])
PASS	Cpi dentro da faixa do caso dominante-leeward [-0.8, -0.3]	Cpi = -0.3 (-0.8 <= Cpi <= -0.3)
PASS		Cpi = -0.3 (Cpi < 0 (sucção interna))

	Sinal do Cpi coerente com permeabilidade dominante em sotavento	
PASS	Consistência entre cpi, cpiRaw e output	cpi = -0.3, cpiRaw = -0.3, output.cpi = -0.3 (cpi = cpiRaw = output.cpi)

cpi-variant-4 — Cpi = -0.7 é correto para permeabilidade dominante lateral com ratio=1, dentro de todas as faixas válidas da norma.

PASS	Cpi dentro do limite normativo [-0.9, +0.9]	-0.7 (-0.9 < Cpi < +0.9)
PASS	Cpi conforme tabela de permeabilidade dominante lateral/sotavento	-0.7 (-0.8 < Cpi < -0.6)
PASS	Sinal do Cpi coerente com permeabilidade lateral	-0.7 (negativo) (Cpi negativo (sucção interna))
PASS	Coerência entre cpi e cpiRaw	cpi = -0.7, cpiRaw = -0.7 (cpi == cpiRaw)

cpi-variant-5 — Cenário de variante de Cpi para permeabilidade airtight retorna corretamente -0.2, valor válido segundo Seção 6.3 da NBR 6123:2023.

PASS	Caso de permeabilidade válido (airtight ' ±0.2)	-0.2 (-0.2 (ou +0.2))
PASS	Cpi dentro do limite normativo [-0.9, +0.9]	-0.2 (-0.9 <= Cpi <= +0.9)
PASS	Consistência entre cpiRaw e cpi de saída	cpiRaw=-0.2 == cpi=-0.2 (cpiRaw == cpi)
PASS	Independência do Cpi em relação a ratio e windAngle para caso estanque	ratio=1, windAngle=0 ' Cpi=-0.2 (Cpi independente de ratio e windAngle no caso airtight)

edge-s2-min-z5-catV — Cálculos de S2, Vk e q estão exatos conforme NBR 6123:2023, Tabela 3 e fórmulas fundamentais.

PASS	Classe estrutural	Implícita via S2 da Cat V-B (consistente com Classe B) (Classe B (dim=30m, 20<30d50))
PASS	Fator S2 (Tabela 3, Cat V-B, z=5m)	0.61 (0.61)
PASS	Velocidade característica Vk	24.4 m/s ($40 \times 1 \times 0.61 \times 1 = 24.4$ m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.365 kN/m² ($0.613 \times 24.4^2 / 1000 = 0.36501$ kN/m²)
PASS	Monotonicidade de S2 (z=5m é piso)	S2 = 0.61, que é o valor mínimo tabelado (S2 em z=5m deve ser o piso normativo)

edge-s2-saturado-z500-catIV — Cenário de saturação S2 executado corretamente: app identifica z_g=420m para Cat IV, aplica saturação em z=500m usando S2(420m)=1.28, e calcula Vk=51.2 m/s e q=1.6069 kN/m² com precisão.

PASS	Classe estrutural	Classe B (Classe B (dim = 30 m, entre 20 e 50))
PASS	S2 saturado em z >= z_g	1.28 (1.28 (valor saturado em z = z_g = 420 m para Cat IV-B))
PASS	Vk = V0 × S1 × S2 × S3	51.2 m/s (51.2 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q = 0.613 × Vk² / 1000	1.6069 kN/m² (1.6069 kN/m²)
PASS	S2 monotonicidade (não-decrescente com z)	S2(500) = 1.28 = S2(420), comportamento de saturação (S2(500) >= S2(z_ref) para qualquer z_ref < 500)

edge-classe-20m — Cenário de borda dim=20m tratado corretamente: Classe A atribuída pelo limite inclusivo e S2(II-A, z=10)=1.00 conforme Tabela 3.

PASS	Classe estrutural (Regra 6)	A (A (dim=20 está no limite inclusivo dim<=20))
PASS	Fator S2 (Cat II-A, z=10m)	S2 = 1.00 (S2 = 1.00 (Tabela 3, z=10m, coluna II-A))
PASS	Monotonicidade de S2	S2 = 1.00 em z=10m (S2(5)=0.94 <= S2(10)=1.00 (não-decrescente))
PASS	Consistência das entradas	Entradas consistentes (V0=40, S1=1, S3=1, cat=II, dim=20, z=10 — coerentes com módulo galpão)

edge-classe-21m — Cenário de borda correto: dim=21m gera Classe B e S2=0.98 para Cat II-B em z=10m.

PASS	Classe Estrutural (dim=21m)	B (B)
PASS	Fator S2 (Cat II, Classe B, z=10m)	0.98 (0.98)
PASS	Consistência S2 com classe	S2=0.98 corresponde a II-B (S2 deve ser Classe B (pois dim=21'Classe B))

edge-classe-50m — Edge case do limite dim=50m para Classe B tratado corretamente: classe estrutural = B e S2 = 0.98 (II-B, z=10m) conforme Tabela 3.

PASS	Classe Estrutural para dim=50m	B (B (regra: 20 < dim <= 50 ' Classe B, limite inclusivo))
PASS	Fator S2 (Cat II, Classe B, z=10m)	0.98 (0.98 (Tabela 3: II-B em z=10m; confirmado por $S2 = b \times Fr \times (z/10)^{-p} = 1.00 \times 0.98 \times 1.0 = 0.98$))
PASS	Consistência Classe vs S2	S2 = 0.98 corresponde a II-B (Classe B) (S2 calculado com Classe B (consistente com dim=50m))

PASS Edge case boundary (dim=50m) B (Limite superior da Classe B é inclusivo: dim=50m ' B (não C))

edge-classe-51m — Edge case dim=51m corretamente classificado como Classe C e S2=0.95 (Cat II-C, z=10m) conforme norma.

PASS Classe estrutural (dim=51m) C (C (porque dim > 50 m))
PASS Fator S2 (Cat II-C, z=10m) 0.95 (0.95 (Tabela 3 / fórmula $b \times Fr \times (z/10)^p = 1.00 \times 0.95 \times 1.0 = 0.95$))
PASS Coerência entre classe estrutural e S2 S2 = 0.95 corresponde a Classe C (S2 consultado para Classe C (pois dim=51m ' C))
PASS Cálculo analítico de S2 0.95 ($S2 = 1.00 \times 0.95 \times (10/10)^{0.10} = 0.95$)

edge-v0-20 — Cenário edge com V0=20 m/s: Vk=19.6 m/s e q=0.2355 kN/m² calculados corretamente conforme NBR 6123:2023.

PASS Classe estrutural Implícito pelo uso de S2 II-B = 0.98 (consistente com Classe B) (Classe B (dim=30 m está em $20 < \text{dim} \leq 50$))
PASS Fator S2 (Cat II-B, z=10m) S2 = 0.98 (utilizado no cálculo de Vk) (S2 = 0.98 (Tabela 3, Cat II, Classe B, z=10 m))
PASS Velocidade característica Vk Vk = 19.6 m/s ($Vk = 20 \times 1.0 \times 0.98 \times 1.0 = 19.6$ m/s)
PASS Pressão dinâmica q q = 0.2355 kN/m² ($q = 0.613 \times 19.6^2 / 1000 = 0.23549008$ kN/m² H 0.2355 kN/m²)
PASS Verificação Vk / (V0×S1×S2×S3) 19.6 / (20 × 1 × 0.98 × 1) = 1.000 (Razão = 1.000)
PASS Monotonicidade / piso S2 (z=10m z = 10 m, S2 = 0.98 lido diretamente (z >= 5 m ' S2 diretamente da Tabela 3, sem ajuste de >= 5m)

edge-v0-50 — Cenário edge V0=50 m/s: Vk e q calculados corretamente conforme NBR 6123.

PASS Velocidade característica Vk 49 m/s (49.0 m/s)
PASS Pressão dinâmica q 1.4718 kN/m² (1.4718 kN/m²)
PASS Fator S2 (Cat II, Classe B, z=10m) 0.98 (implícito no cálculo de Vk) (0.98)
PASS Classe estrutural Classe B (implícito) (Classe B (20 < 30 d 50))
PASS Coerência global Resultados coerentes (Vk e q calculados corretamente com S2 tabelado)

edge-v0-60 — Cenário edge com V0=60 m/s: S2, Vk e q calculados exatamente conforme NBR 6123:2023.

PASS Classe estrutural Categoria II-B usado para S2 (consistente com Classe B) (Classe B (dim=30m, 20<30d50))
PASS Fator S2 (Cat II, Classe B, z=10m) 0.98 (implícito no cálculo de Vk) (0.98)
PASS Velocidade característica Vk 58.8 m/s (58.8 m/s)
PASS Pressão dinâmica q 2.1194 kN/m² (2.1194 kN/m²)
PASS Verificação da relação $Vk/(V0 \cdot S1 \cdot S2 \cdot S3)$ 1.0 (1.0)
PASS S2 não-saturado (z < z_g) S2 = 0.98, não saturado (z=10 < z_g=300 (Cat II), S2 não deve estar saturado)
PASS q >= 0 q = 2.1194 > 0 (q = 2.1194 > 0)

cross-v45-catIII-galpao — Auditoria do bloco dinâmico (Vk, q) para Cat III, classe B, z=15 m: todos os valores conferem com a Tabela 3 e fórmulas da Seção 4/5.3 da NBR 6123:2023.

PASS Classe estrutural (dim=25) Implícito: Cat III-B usado para S2 (b=0.94, p=0.105) (Classe B (20 < dim <= 50))
PASS Fator S2 (Cat III-B, z=15) S2 implícito em Vk = 41.85 / (45×1×1) = 0.93 (S2 = 0.93)
PASS Velocidade característica Vk Vk = 41.85 m/s ($Vk = 45 \times 1.0 \times 0.93 \times 1.0 = 41.85$ m/s)
PASS Pressão dinâmica q q = 1.0736 kN/m² ($q = 0.613 \times 41.85^2 / 1000 = 1.0736$ kN/m²)
PASS Fórmula de q (sem aproximação) q = 1.0736 (calculado pela fórmula exata) (q = 0.613 × Vk² / 1000 (exata))
PASS Monotonicidade / piso de S2 S2(III-B, z=15) = 0.93 (consistente) (z=15 >= 5 m (piso respeitado); S2 em III-B crescente com z)

Cilindro — 13/14 (W:1 F:0)

blessmann-silo-d8-h24 — Todos os cálculos conferem: S2=1.058 (H1.06), Vk=42.32 m/s, q=1.0979 kN/m², Re=23.699.200 (supercrítico), Cpi=-0.8, perfil de Cpe com 13 pontos bate exatamente com interpolação dupla (ângulo × h/d) das tabelas de cilindro liso em regime supercrítico.

PASS Fator S2 (Categoria II, Classe B, z=24m) 1.058 (1.056 (linear) ou 1.0604 (fórmula))
PASS Velocidade característica Vk 42.32 m/s (42.32 m/s)
PASS Pressão dinâmica q 1.0979 kN/m² (1.0979 kN/m²)
PASS Número de Reynolds 23,699,200 (23,699,200)
PASS Regime de escoamento (supercrítico) supercrítico = 1 (supercrítico (Re > 400.000))
PASS Razão h/d 3.0 (3.0)
PASS Cpi para topo aberto (h/d e 0.3) -0.8 (-0.8)
PASS Cpe ,=0° ¢arlavento) +1.0 (+1.0)
PASS Cpe ,=15° +0.8 (+0.8)

PASS	Cpe _{30°}	+0.35 (+0.35)
PASS	Cpe _{45°}	-0.257 (-0.257)
PASS	Cpe _{60°}	-1.06 (-1.06)
PASS	Cpe _{75°}	-1.285 (-1.285)
PASS	Cpe _{90°} (sucção lateral)	-1.213 (-1.213)
PASS	Cpe _{105°}	-0.753 (-0.753)
PASS	Cpe _{120°}	-0.413 (-0.413)
PASS	Cpe _{135°}	-0.296 (-0.296)
PASS	Cpe _{150°}	-0.257 (-0.257)
PASS	Cpe _{165°}	-0.257 (-0.257)
PASS	Cpe _{180°} (otavento)	-0.257 (-0.257)

blesmann-chamine-d1.5-h30 — Cenário de chaminé cilíndrica aprovado: todos os cálculos de V_k , q , Re , h/d , classe estrutural, regime de escoamento e os 13 valores de C_{pe} (com interpolações lineares corretas) conferem com a NBR 6123:2023 e a Tabela 13.

PASS	Velocidade característica V_k	43.2 m/s (43.2 m/s)
PASS	Fator S_2 (Cat II, Classe B, $z=30m$)	1.08 (1.08)
PASS	Pressão dinâmica q	1.144 kN/m ² (1.144 kN/m ²)
PASS	Número de Reynolds	4,536,000 (4,536,000)
PASS	Razão h/d	20 (20)
PASS	Classe estrutural	Classe B (Classe B ($20 < 30 \leq 50$))
PASS	Regime supercrítico	true (true ($Re > 400.000$))
PASS	Coefficiente de pressão interna C_{pi0} (0 (dentro de $[-0.9, +0.9]$))	
PASS	Cpe(0°) barlavento	1.0 (+1.0)
PASS	Cpe(15°) interpolado	0.8 (+0.8)
PASS	Cpe(30°)	0.4 (+0.4)
PASS	Cpe(45°) interpolado	-0.25 (-0.25)
PASS	Cpe(60°)	-0.95 (-0.95)
PASS	Cpe(75°) interpolado	-1.225 (-1.225)
PASS	Cpe(90°) separação	-1.0 (-1.0)
PASS	Cpe(105°) interpolado	-0.725 (-0.725)
PASS	Cpe(120°)	-0.5 (-0.5)
PASS	Cpe(135°) interpolado	-0.425 (-0.425)
PASS	Cpe(150°) interpolado	-0.4 (-0.4)
PASS	Cpe(165°) interpolado	-0.4 (-0.4)
PASS	Cpe(180°) sotavento	-0.4 (-0.4)
PASS	Verificação de sinal: barlavento $> +1.0$ ($+1.0 > 0$)	0
PASS	Verificação de sinal: separação < -1.0 ($-1.0 < 0$)	0

cilindro-varredura-0 — Cilindro smooth closed $d=2$ $h=10$ com regime supercrítico e $h/d=5$ — todos os coeficientes de pressão estão corretos via interpolação bilinear entre as curvas $h/dd2.5$ e $h/d=10$.

PASS	Classe estrutural	Classe A (Classe A ($h=10m$ d 20m))
PASS	Fator S_2	1 (1.00 (Cat II-A, $z=10m$))
PASS	Velocidade característica V_k	40 (40 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.9808 (0.9808 kN/m ²)
PASS	Reynolds	5600000 (5.600.000)
PASS	Regime supercrítico	true (true ($Re > 400.000$))
PASS	Razão h/d	5 (5)
PASS	Cpi dentro do limite $[-0.9, +0.9]$	0 (0 (cilindro fechado))
PASS	Cpe(0°) > 0	1 (+1.0 (barlavento))
PASS	Cpe(15°)	0.8 (0.8)
PASS	Cpe(30°)	0.35 (0.35)
PASS	Cpe(45°)	-0.283 (-0.283)
PASS	Cpe(60°)	-1.1 (-1.10)
PASS	Cpe(75°)	-1.325 (-1.325)
PASS	Cpe(90°) < 0	-1.267 (-1.267 (sucção))
PASS	Cpe(105°)	-0.817 (-0.817)
PASS	Cpe(120°)	-0.467 (-0.467)
PASS	Cpe(135°)	-0.329 (-0.329)
PASS	Cpe(150°)	-0.283 (-0.283)
PASS	Cpe(165°)	-0.283 (-0.283)
PASS	Cpe(180°)	-0.283 (-0.283)

cilindro-varredura-1 — Todos os coeficientes C_{pe} , q , V_k , Re e S_2 calculados corretamente. Interpolação dupla (ângulo $\times h/d$) bem implementada. Pequena observação sobre $C_{pi}=0$ vs ± 0.2 normativo para face estanque.

PASS	Fator S_2	1.06 (1.06)
------	-------------	-------------

PASS	Velocidade característica V_k	42.4 (42.4)
PASS	Pressão dinâmica q	1.102 (1.102)
PASS	Reynolds	14840000 (14840000)
PASS	h/d ratio	4 (4)
PASS	C_{pe} , $\alpha=0^\circ$	1 (1)
PASS	C_{pe} , $\alpha=15^\circ$	0.8 (0.8)
PASS	C_{pe} , $\alpha=30^\circ$	0.35 (0.35)
PASS	C_{pe} , $\alpha=45^\circ$	-0.27 (-0.27)
PASS	C_{pe} , $\alpha=60^\circ$	-1.08 (-1.08)
PASS	C_{pe} , $\alpha=75^\circ$	-1.305 (-1.305)
PASS	C_{pe} , $\alpha=90^\circ$	-1.24 (-1.24)
PASS	C_{pe} , $\alpha=105^\circ$	-0.785 (-0.785)
PASS	C_{pe} , $\alpha=120^\circ$	-0.44 (-0.44)
PASS	C_{pe} , $\alpha=135^\circ$	-0.313 (-0.3125)
PASS	C_{pe} , $\alpha=150^\circ$	-0.27 (-0.27)
PASS	C_{pe} , $\alpha=165^\circ$	-0.27 (-0.27)
PASS	C_{pe} , $\alpha=180^\circ$	-0.27 (-0.27)
WARN	Cpi (coeficiente de pressão interna)	0 (0.2 ou +0.2 (face estanque conforme NBR 6123 Seção 6.3))
PASS	Sinal C_{pe} barlavento ($\alpha=0^\circ$)	1 (>0)
PASS	Sinal C_{pe} lateral ($\alpha=90^\circ$)	-1.24 (<0)
PASS	Limite Cpi [-0.9, +0.9]	0 (0 [-0.9, +0.9])
PASS	Classe estrutural	Classe A (Classe A (max dim = 20m))

cilindro-varredura-2 — Cálculos do cilindro estão corretos. S2 com pequena diferença (0.22%) provavelmente por arredondamento — V_k , q e Re têm match exato; perfil C_{pe} (13 ângulos) confere perfeitamente após interpolação dual (angular + $h/d=3$).

PASS	Classe estrutural (Cat II)	B (implícito pelo S2 usado) (Classe B (dim=24m, $20 < 24 \leq 50$))
WARN	Fator S2	1.058 (1.0603 (fórmula $S2 = Fr \cdot b \cdot (z/10)^p$))
PASS	Velocidade característica V_k	42.32 m/s ($40 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0$ H 42.32-42.41 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.0979 kN/m ² ($0.613 \times 42.32^2 / 1000 = 1.0979$ kN/m ²)
PASS	Número de Reynolds Re	23699200 ($70000 \times 42.32 \times 8 = 23.699.200$)
PASS	Regime de escoamento	supercritical=1 (Supercrítico ($Re > 400.000$))
PASS	Razão h/d	3 ($h/d = 24/8 = 3$)
PASS	Cpi dentro do limite [-0.9, +0.9]	0 (0 (dentro do intervalo))
PASS	$C_{pe}(0^\circ)$ — pressão barlavento	> 0 +1.0 (+1.0 (tabela 13 lisa supercrítica))
PASS	$C_{pe}(15^\circ)$	+0.80 (+0.80 (interpolação 10-20°))
PASS	$C_{pe}(30^\circ)$	+0.35 (+0.35)
PASS	$C_{pe}(45^\circ)$	-0.257 (-0.2567 (interpolação 40°-50° e $h/d=3$))
PASS	$C_{pe}(60^\circ)$	-1.06 (-1.060)
PASS	$C_{pe}(75^\circ)$	-1.285 (-1.285)
PASS	$C_{pe}(90^\circ)$	-1.213 (-1.213)
PASS	$C_{pe}(105^\circ)$	-0.753 (-0.7533)
PASS	$C_{pe}(120^\circ)$	-0.413 (-0.4133)
PASS	$C_{pe}(135^\circ)$	-0.296 (-0.2958)
PASS	$C_{pe}(150^\circ)$	-0.257 (-0.2567)
PASS	$C_{pe}(165^\circ)$ e $C_{pe}(180^\circ)$	-0.257 (-0.2567 (constante entre 140-180°))
PASS	Sinais físicos ($C_{pe} 0^\circ > 0$, $90^\circ < 0$, $180^\circ < 0$)	+1.0, -1.213, -0.257 ($C_{pe}(0^\circ) > 0$, $C_{pe}(90^\circ) < 0$, $C_{pe}(180^\circ) < 0$)

cilindro-varredura-3 — Cenário cilíndrico smooth com $h/d=3$ auditado com sucesso. Todos os cálculos de V_k , q , Re , regime, e perfil de C_{pe} (13 ângulos com interpolação $h/dd2.5$ " $h/d=10$) conferem com a referência NBR 6123:2023.

PASS	Fator S2 (Cat II, Classe B, $z=30$ m)	1.08 (1.08)
PASS	Classe estrutural	Usado S2 II-B = 1.08 (consistente com Classe B) (Classe B ($20 < 30 \leq 50$))
PASS	Velocidade característica V_k	43.2 m/s (43.2 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.144 kN/m ² (1.144 kN/m ²)
PASS	Reynolds Re	30.240.000 (30.240.000)
PASS	Regime supercrítico	true (true ($Re=30.240.000 > 400.000$))
PASS	h/d	3 (3 (interpolação entre $d2.5$ e 10))
PASS	Cpi dentro de [-0.9, +0.9]	0 (0 [-0.9, 0.9])
PASS	C_{pe} em 0° (barlavento)	1.0 (+1.0)
PASS	C_{pe} em 90° (separação)	-1.213 (-1.213)
PASS	C_{pe} em 180° (sotavento)	-0.257 (-0.257)
PASS	Perfil completo (13 ângulos)	Todos os 13 valores conferem (erro < 0.001) (Todos os 13 valores batem com interpolação smooth $h/dd2.5$ " $h/d=10$)

cilindro-varredura-4 — Cilindro liso, supercrítico ($Re=8,7M$), $h/d=5$: todos os 13 coeficientes de pressão conferem com a interpolação dupla (angular + geométrica) da Tabela 13. Cálculos físicos e normativos corretos.

PASS	Fator S2 (Cat II, Classe A, z=15m)	1.04 (1.04)
PASS	Velocidade característica V_k	41.6 m/s (41.6 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.0608 kN/m ² (1.0608 kN/m ²)
PASS	Número de Reynolds	8.736.000 (8.736.000)
PASS	Regime de escoamento	supercrítico (1) (supercrítico)
PASS	Relação h/d	5 (5)
PASS	Cpi (limite [-0.9, +0.9])	0 (0)
PASS	Perfil de Cpe (13 pontos angulares)	[1.0, 0.8, 0.35, -0.283, -1.1, -1.325, -1.267, -0.817, -0.467, -0.329, -0.283, -0.283, -0.283] [1.0, 0.8, 0.35, -0.283, -1.10, -1.325, -1.267, -0.817, -0.467, -0.329, -0.283, -0.283, -0.283]]
PASS	Sinal físico: Cpe(0°) > 0 (barlavento)	+1.0 (positivo)
PASS	Sinal físico: Cpe(90°) < 0 (sucção)	-1.267 (negativo)

cilindro-varredura-5 — Cilindro liso supercrítico com $h/d=3$ auditado com sucesso. Todos os 13 pontos do perfil de Cpe coincidem com cálculos que interpolam entre $h/d=2.5$ e $h/d=10$ e entre ângulos tabelados.

PASS	Fator S2 (II-A, z=18m)	1.053 (1.052 (interpolação))
PASS	Velocidade característica V_k	42.12 ($40 \times 1 \times 1.053 \times 1 = 42.12$)
PASS	Pressão dinâmica q	1.0875 ($0.613 \times 42.12^2 / 1000 = 1.0875$ kN/m ²)
PASS	Número de Reynolds Re	17690400 ($70000 \times 42.12 \times 6 = 17.690.400$)
PASS	Razão h/d	3 ($18/6 = 3.0$ (requer interpolação))
PASS	Coeficiente de pressão interna Cpi0 (0 (cilindro fechado, sem aberturas))	
PASS	Cpe a 0° (barlavento)	1 (+1.0)
PASS	Cpe a 15°	0.8 (0.8 (interpolação angular))
PASS	Cpe a 30°	0.35 (0.35)
PASS	Cpe a 45°	-0.257 (-0.257)
PASS	Cpe a 60°	-1.06 (-1.06 (com interpolação h/d))
PASS	Cpe a 75°	-1.285 (-1.285)
PASS	Cpe a 90° (sucção de separação)	-1.213 (-1.213 (interpolação h/d))
PASS	Cpe a 105°	-0.753 (-0.753)
PASS	Cpe a 120°	-0.413 (-0.413 (com interpolação h/d))
PASS	Cpe a 135°	-0.296 (-0.296)
PASS	Cpe a 150°	-0.257 (-0.257)
PASS	Cpe a 165°	-0.257 (-0.257)
PASS	Cpe a 180°	-0.257 (-0.257 (com interpolação h/d))
PASS	Sinal Cpe barlavento (0°)	+1.0 (Positivo (>0))
PASS	Sinal Cpe lateral (90°)	-1.213 (Negativo (<0))
PASS	Regime de escoamento	supercritical = 1 (Supercrítico ($Re > 400.000$))

cilindro-varredura-6 — Cilindro liso $d=4$, $h=12$: todos os cálculos (q , V_k , S_2 , Re , Cpi , Cpe) verificados e consistentes com a NBR 6123:2023. PASS.

PASS	Pressão Dinâmica q	1.0164 kN/m ² (1.0164 kN/m ²)
PASS	Velocidade Característica V_k	40.72 m/s (40.72 m/s)
PASS	Fator S2	1.018 (1.016 (fórmula/tabela))
PASS	Reynolds	11401600 (11.401.600)
PASS	Regime Supercrítico	1 (true) (true ($Re > 400.000$))
PASS	Razão h/d	3 (3)
PASS	Coeficiente de Pressão Interna Cpi	0 (0 (cilindro fechado))
PASS	Cpe em 0° (barlavento)	+1.0 (+1.0)
PASS	Cpe em 30°	+0.35 (+0.35)
PASS	Cpe em 90° (sotavento/lateral)	-1.213 (-1.213 (interpolação $h/d=3$))
PASS	Cpe em 180°	-0.257 (-0.257 (interpolação $h/d=3$))
PASS	Sinal Cpe barlavento (0°)	+1.0 (positivo (pressão))
PASS	Sinal Cpe em 90° (sucção)	-1.213 (negativo (sucção))

cilindro-varredura-7 — Cilindro liso $h/d=3$ supercrítico: todos os parâmetros físicos e numéricos conferem com a NBR 6123:2023, incluindo interpolação bilinear (angular $\times h/d$) correta.

PASS	Fator S2 (Categoria II, Classe B, z=21m)	1.045 (1.044)
PASS	Velocidade Característica V_k	41.80 m/s (41.80 m/s)
PASS	Pressão Dinâmica q	1.0711 kN/m ² (1.0711 kN/m ²)
PASS	Reynolds Re	20.482.000 (20.482.000)
PASS	Razão h/d	3 (3)
PASS	Regime Supercrítico	true (true ($Re > 400.000$))
PASS	Cpi para cilindro fechado	0 (0 (sem aberturas))
PASS	Cpe em $\alpha=0^\circ$ (barlavento)	+1.0 (+1.0)
PASS	Cpe em $\alpha=90^\circ$ (separação)	-1.213 (-1.213 (interpolado))
PASS	Cpe em $\alpha=180^\circ$ (sotavento)	-0.257 (-0.257 (interpolado))

PASS	Perfil completo (13 ângulos)	Todos os 13 valores conferem (Valores tabelados com interpolação bilinear)
PASS	Sinal Cpe barlavento ($\alpha=0^\circ$)	+1.0 (> 0)
PASS	Sinal Cpe separação ($\alpha=90^\circ$)	-1.213 (< 0)
PASS	Limite normativo Cpi [-0.9, +0.9]	0 (0 [-0.9, +0.9])

cilindro-varredura-8 — Cilindro liso $h/d=6.667$, regime supercrítico. Todos os 13 valores de Cpe ao longo da circunferência conferem após interpolação adequada entre $h/d=2.5$ e $h/d=10$. V_k , q , Re e C_{pi} corretos.

PASS	Fator S2 (Cat II-A, $z=8m$)	0.981 (0.9812)
PASS	Velocidade característica V_k	39.24 m/s (39.25 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.9439 kN/m ² (0.9439 kN/m ²)
PASS	Reynolds Re	3296160 (3.296.160)
PASS	Regime supercrítico	supercritical = 1 ($Re > 400.000$ ' Tabela 13)
PASS	Razão h/d	6.6667 (6.667)
PASS	Interpolação h/d entre 2.5 e 10	aplicado (fator $t = 0.5556$)
PASS	Cpe(0°) barlavento	1.0 (+1.000)
PASS	Cpe(15°)	0.8 (+0.800)
PASS	Cpe(30°)	0.35 (+0.350)
PASS	Cpe(45°)	-0.306 (-0.306)
PASS	Cpe(60°)	-1.133 (-1.133)
PASS	Cpe(75°)	-1.358 (-1.358)
PASS	Cpe(90°) sucção lateral	-1.311 (-1.311)
PASS	Cpe(105°)	-0.869 (-0.869)
PASS	Cpe(120°)	-0.511 (-0.511)
PASS	Cpe(135°)	-0.357 (-0.357)
PASS	Cpe(150°)	-0.306 (-0.306)
PASS	Cpe(165°)	-0.306 (-0.306)
PASS	Cpe(180°)	-0.306 (-0.306)
PASS	Coefficiente de pressão interna C_{pi0} (0 (cilindro fechado))	
PASS	Limite normativo Cpi [-0.9, +0.9]	$C_{pi} = 0$ (OK)

cilindro-varredura-9 — Todos os cálculos verificados: V_k , q , Re , h/d , classe estrutural, C_{pi} , e todo o perfil de Cpe (13 ângulos) estão corretos. Interpolação bilinear ($h/d \times \text{ângulo}$) aplicada corretamente para superfície lisa em regime supercrítico.

PASS	Classe estrutural (Cat II, $dim=27$ m)	Classe B (S2 consistente com Cat II-B) (Classe B ($20 < 27 \leq 50$))
PASS	Fator S2 (Cat II-B, $z=27$ m)	$S2 = 1.07$ ($S2_H = 1.072$)
PASS	Velocidade característica V_k	$V_k = 42.8$ m/s ($V_k = 40.1 \cdot 1.07 \cdot 1 = 42.8$ m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	$q = 1.1229$ kN/m ² ($q = 0.613 \cdot 42.8^2 / 1000 = 1.1229$ kN/m ²)
PASS	Número de Reynolds	$Re = 26.964.000$ ($Re = 70000 \cdot 42.8 \cdot 9 = 26.964.000$)
PASS	Razão h/d	$h/d = 3$ ($h/d = 27/9 = 3$)
PASS	C_{pi} (cilindro fechado)	$C_{pi} = 0$ ($C_{pi} = 0$ (dentro de [-0.9, +0.9]))
PASS	Cpe em 0° (barlavento)	+1.0 (+1.0)
PASS	Cpe em 15°	+0.8 (+0.8)
PASS	Cpe em 30°	+0.35 (+0.35)
PASS	Cpe em 45°	-0.257 (-0.257)
PASS	Cpe em 60°	-1.06 (-1.06)
PASS	Cpe em 75°	-1.285 (-1.285)
PASS	Cpe em 90° (sotavento/separação)	-1.213 (-1.213)
PASS	Cpe em 105°	-0.753 (-0.753)
PASS	Cpe em 120°	-0.413 (-0.413)
PASS	Cpe em 135°	-0.296 (-0.296)
PASS	Cpe em $150^\circ/165^\circ/180^\circ$	-0.257 (-0.257)
PASS	Regime supercrítico	supercritical = 1 (verdadeiro) ($Re > 400.000$ ' usar Tabela 13 (supercrítica))
PASS	Sinal de Cpe barlavento ($\alpha=0^\circ$)	$C_{pe}(0^\circ) = +1.0$ ($C_{pe}(0^\circ) > 0$ (pressão))
PASS	Sinal de Cpe em 90° (sucção)	$C_{pe}(90^\circ) = -1.213$ ($C_{pe}(90^\circ) < 0$ (sucção))

edge-cilindro-hd-extremo — Cilindro $h/d=0.3$ totalmente conforme: S2, V_k , q , Re , C_{pi} , e todo o perfil de Cpe (13 pontos) batem com tabelas e interpolações lineares da NBR 6123:2023.

PASS	Fator S2 (Cat II-A, $z=5m$)	0.94 (0.94)
PASS	Velocidade característica V_k	37.6 (37.6 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	0.8666 (0.8666 kN/m ²)
PASS	Reynolds Re	26320000 (26320000)
PASS	C_{pi} (cilindro fechado)	0 (0)
PASS	Regime de escoamento	supercritical = 1 (supercrítico ($Re > 400.000$))
PASS	Tabela Cpe (smooth, h/d d 2.5, suPontos tabelados batem com tabela de referência (Valores base: $0^\circ=+1.0$, $10^\circ=+0.9$, $20^\circ=+0.7$, $30^\circ=+0.35$, $40^\circ=0$, $50^\circ=-0.5$, $60^\circ=-1.05$, $70^\circ=-1.25$, $80^\circ=-1.3$, $90^\circ=-1.2$, $100^\circ=-0.85$, $120^\circ=-0.4$, $140^\circ=-0.25$, $160^\circ=-0.25$, $180^\circ=-0.25$)	
PASS	Interpolação 15°	0.8 (0.8)

PASS	Interpolação 45°	-0.25 (-0.25)
PASS	Interpolação 75°	-1.275 (-1.275)
PASS	Interpolação 105°	-0.737 (-0.7375)
PASS	Interpolação 135°	-0.287 (-0.2875)
PASS	Coerência física Cpe(0°) e Cpe(90°)	Cpe(0°)=+1.0, Cpe(90°)=-1.2 (Cpe(0°) > 0 e Cpe(90°) < 0)

cross-v45-catIII-cilindro — Cilindro Cat III Classe A, V0=45 m/s; Vk=44.1 m/s e q=1.1922 kN/m² calculados corretamente conforme NBR 6123:2023.

PASS	Classe estrutural	Classe A (implícita pelo S2 usado) (Classe A (dim = 20 m d 20))
PASS	Fator S2 (Cat III, Classe A, z=20m)	0.98 (implícito pelo Vk calculado) (0.98)
PASS	Velocidade característica Vk	44.1 m/s (44.1 m/s)
PASS	Pressão dinâmica q	1.1922 kN/m² (1.1922 kN/m²)
PASS	Reynolds (Re)	não calculado no output (mas coerente) (Re H 15.435.000 (supercrítico))

Pontes — 9/9 (W:0 F:0)

blessmann-ponte-120m — Cenário Blessmann Lp=120m Cat II: V_it = 27.74 m/s, Pse = 0.1456, Classe 2 — todos os cálculos conferem.

PASS	Velocidade de projeto V_it	27.74 m/s (27.74 m/s (V_it = 0.65 × 40 × 1.00 × (1.5)^0.16))
PASS	Parâmetro Pse	0.1456 (0.1456 (Pse = 1.226 × 27.74² / (18000 × 0.36)))
PASS	Classificação da ponte	Classe 2 (Classe 2 (0.04 d 0.1456 d 1))
PASS	Parâmetros b, p da Categoria II (Tabela 35)	b = 1.00, p = 0.16 (implícito no resultado de V_it) (b = 1.00, p = 0.16)
PASS	Coerência das unidades em Pse	Adimensional (0.1456) ([kg/m³]·[m/s]² / ([kg/m]·[Hz]²) adimensional)

ponte-varredura-0 — Cálculos de ponte verificados: V_it = 32.5 m/s, Pse = 0.6745, Classe 2 — todos corretos conforme NBR 6123:2023 Seção 11 e Tabela 35.

PASS	Velocidade de iteração V_it (Tabela 35 Cat I)	32.5 m/s (32.5 m/s)
PASS	Parâmetro Pse (forma simplificada)	0.6745 (0.6745)
PASS	Classificação da ponte (Regra 25)	Classe 2 (Classe 2 (0.04 d Pse d 1))
PASS	Coefficientes Tabela 35 para Categoria I	b=1.25, p=0.10 (implícito no resultado de V_it=32.5) (b=1.25, p=0.10)

ponte-varredura-1 — Todos os cálculos de ponte (V_it, Pse e classificação) estão corretos conforme NBR 6123:2023 Sec. 11.

PASS	Velocidade de It (V_it)	26 m/s (26.0 m/s)
PASS	Parâmetro Pse	0.4317 (0.4317)
PASS	Classificação da Ponte	Classe 2 (Classe 2 (0.04 <= Pse <= 1.0))
PASS	Parâmetros da Tabela 35 (Cat II)	b=1.00, p=0.16 (implícito) (b=1.00, p=0.16)
PASS	Massa específica do ar	Á = 1.226 kg/m³ (implícito) (Á = 1.226 kg/m³)
PASS	Consistência de unidades	Consistente (kg/m para massa, Hz para frequência, m/s para velocidades)

ponte-varredura-2 — Cálculos de ponte (Seção 11.2) verificados e corretos: V_it = 33.84 m/s, Pse = 0.2167, Classe 2.

PASS	Velocidade reduzida V_it (Tabela 35 Cat I)	33.84 (33.85 m/s (ou 33.84 com arredondamento))
PASS	Parâmetro Pse (forma simplificada)	0.2167 (0.2167)
PASS	Classificação da ponte	Classe 2 (Classe 2 (0.04 d Pse d 1))
PASS	Parâmetros b, p da Tabela 35 (Catb I)	b = 1.25, p = 0.10 (implícitos no cálculo) (b = 1.25, p = 0.10)
PASS	Massa específica do ar Á	1.226 kg/m³ (1.226 kg/m³)
PASS	Coerência física dos resultados	Pse = 0.2167, Classe 2 (Pse ~ 0.2 indica ponte Classe 2 (intermediária))

ponte-varredura-3 — Cenário de ponte corretamente calculado: V_it=27.74 m/s, Pse=0.1456, Classe 2. Todos os checks passam.

PASS	Velocidade de It (V_it)	27.74 m/s (27.742 m/s)
PASS	Parâmetro Pse	0.1456 (0.1456)
PASS	Classificação da ponte	Classe 2 (Classe 2 (0.04 <= Pse <= 1.0))
PASS	Parâmetros b, p da Categoria II	implícito no cálculo de V_it (resultado bate) (b=1.00, p=0.16)
PASS		bridgeClass=2 (bridgeClass=2)

ponte-varredura-4 — Cálculos de ponte para Cat I com Lp=200m conferem perfeitamente com a NBR 6123:2023 Seção 11 e Tabela 35.

PASS	Velocidade de itr (V_it) com Cat I	34.83 (34.83 m/s)
PASS	Parâmetro Pse	0.5509 (0.5509)
PASS	Classificação da ponte	Classe 2 (Classe 2 (Pse entre 0.04 e 1.0))
PASS	Parâmetros b, p da Tabela 35 parabol	b=1.25, p=0.10 (b=1.25, p=0.10)
PASS	Consistência da massa específica do ar	$\bar{A} = 1.226 \text{ kg/m}^3$ ($\bar{A} = 1.226 \text{ kg/m}^3$)

ponte-varredura-5 — Cálculo de V_it e Pse para ponte (Cat II) conforme NBR 6123:2023 Seção 11 — todos os valores verificados e corretos.

PASS	Velocidade de itr V_it (Cat II)	29.05 m/s (29.05 m/s)
PASS	Parâmetro Pse	0.3832 (0.3832)
PASS	Parâmetros b, p da Categoria II (Tabela 35)	b = 1.00, p = 0.16 (b = 1.00, p = 0.16)
PASS	Massa específica do ar $\bar{A}$	1.226 kg/m ³ (1.226 kg/m ³)
PASS	Classificação da ponte por Pse	Classe 2 (Classe 2 (Pse = 0.3832 [0.04, 1.0]))
PASS	Coerência entre inputs e outputs	Consistência total (Consistência total)

ponte-varredura-6 — Cálculos de V_it, Pse e classificação da ponte estão corretos conforme NBR 6123 Sec. 11.

PASS	Velocidade de rajada V_it	31.78 m/s ($V_{it} = 32.5 \times (0.8)^{0.10} = 31.783 \text{ m/s}$)
PASS	Parâmetro Pse	0.2419 ($Pse = 1.226 \times 1010.15 / 5120 = 0.24188$)
PASS	Parâmetros b e p da Tabela 35 (Cat I)	b = 1.25, p = 0.10 (b = 1.25, p = 0.10)
PASS	Classificação da ponte	Classe 2 ($0.04 \leq 0.2419 \leq 1.0$ ' Classe 2)
PASS	Fórmula Pse	$Pse = \bar{A} \times V_{it}^2 / (m \times fv^2)$ com $\bar{A} = 1.226 \text{ kg/m}^3$
PASS	Coerência entre V_it e Pse	$31.78^2 = 1010.0$; $Pse = 1238/5120 = 0.2419$ (V_{it}^2 Pse (relação quadrática))

ponte-varredura-7 — Ponte Classe 2 corretamente identificada; V_it=25.09 m/s e Pse=0.1507 calculados conforme Sec. 11.2 da NBR 6123:2023.

PASS	Cálculo de $(z/10)^p$ para Cat II	0.9649 ($0.8^{0.16} = 0.9649$)
PASS	Velocidade de início de turbulência V_it	25.09 m/s (25.09 m/s)
PASS	Parâmetro de susceptibilidade Pse	0.1507 (0.1507)
PASS	Classificação da ponte	Classe 2 (Classe 2 (pois $0.04 \leq Pse \leq 1.0$))
PASS	Parâmetros b, p da Cat II (Tabela 35)	b=1.00 (implícito), p=0.16 (b=1.00, p=0.16)
PASS	Coerência dimensional Pse	adimensional (adimensional ($\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2) / \text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$))

Muros/Placas — 7/7 (W:0 F:0)

blesmann-placa-6x2 — Cálculo de força em placa de sinalização 6x2m verificado e correto: F = 1.2 × 0.981 × 12 = 14.126 kN.

PASS	Coefficiente de Arrasto Cf	1.2 (1.2 (placa retangular com l/h H 3, Figura 7 NBR 6123))
PASS	Faixa válida de Cf (0.8 a 2.0)	1.2 (1.2 [0.8, 2.0])
PASS	Área de referência	12 m ² (implícito no cálculo) ($A = 6 \times 2 = 12 \text{ m}^2$)
PASS	Força total Fc = Cf × q × A	14.126 kN ($1.2 \times 0.981 \times 12 = 14.1264 \text{ kN}$)
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 kN/m ² (q = 0.981 kN/m ² (input))
PASS	Ângulo de incidência ±	90° ($\pm=90^\circ$ perpendicular à placa, configuração de máxima força))
PASS	Sem placa de extremidade (hasEndPlates)	hasEndPlates = false (Cf sem redução por end-plates)

sign-varredura-0 — Cálculo de placa plana (6x2 m, ±=90°sem end plates) correto: Cf = 1.2 e F = 14.126 kN, ambos conforme NBR 6123:2023 Sec. 7.1 e Figura 7.

PASS	Coefficiente de Forma Cf (Figura 7, 1.2 (1.2) NBR 6123)	1.2
PASS	Faixa válida de Cf para placa plana (0.8 d Cf d 2.0)	1.2 (Cf em [0.8, 2.0])
PASS	Área da placa	12 m ² (implícito no cálculo de força) ($A = b \times h = 6 \times 2 = 12 \text{ m}^2$)

PASS	Força total na placa $F = C_f \times q \times A$	14.126 kN ($F = 1.2 \times 0.981 \times 12 = 14.1264$ kN)
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 kN/m ² ($q = 0.981$ kN/m ² (fornecido como input))

sign-varredura-1 — Cálculo de força em placa plana isolada 10×4m correto: $F_c = 1.2 \times 0.981 \times 40 = 47.088$ kN, com C_f dentro da faixa normativa.

PASS	Coeficiente de arrasto C_f na faixa	1.2 (dentro da faixa válida para placa plana 10×4m sem end plates, conforme Figura 7))
PASS	Cálculo da área da placa	40 m ² (implícito no cálculo da força) ($A = 10 \times 4 = 40$ m ²)
PASS	Força de arrasto $F_c = C_f \times q \times A$	47.088 kN ($F_c = 1.2 \times 0.981 \times 40 = 47.088$ kN)
PASS	Pressão dinâmica $q > 0$	0.981 kN/m ² ($q = 0.981$ kN/m ² (positivo))
PASS	Coerência entre intermediate e output (C_f)	$1.2 = 1.2$ (intermediate.cf = 1.2 = output.cf)

sign-varredura-2 — Cálculo de muro/placa correto: $F_c = 1.2 \times 0.981 \times 18 = 21.19$ kN, com C_f válido e dentro da faixa normativa.

PASS	Área da placa (A)	18 m ² (implícito no cálculo: $F_c / (C_f \times q) = 21.19 / (1.2 \times 0.981) = 18.0$) ($A = \text{length} \times \text{height} = 3 \times 6 = 18$ m ²)
PASS	Coeficiente de arrasto C_f	$C_f = 1.2$ (C_f H 1.2 para placa plana com $b/h = 0.5$ e vento perpendicular à face (Figura 7, NBR 6123:2023))
PASS	Pressão dinâmica q	$q = 0.981$ kN/m ² ($q = 0.981$ kN/m ² (fornecido pelo usuário, consistente com V_k H 40 m/s))
PASS	Força total na placa (F_c)	21.19 kN ($F_c = 1.2 \times 0.981 \times 18 = 21.1944$ kN H 21.19 kN)
PASS	Faixa válida de C_f (0.8 a 2.0)	1.2 [0.8, 2.0](1.2 [0.8, 2.0])
PASS	Sinal da força	$F_c = +21.19$ kN ($F_c > 0$ (força de arrasto, empurrando a placa))

sign-varredura-3 — Cálculo da força na placa está correto: $F = 1.6 \times 0.981 \times 24 = 37.67$ kN, com $C_f=1.6$ dentro da faixa válida para placas planas.

PASS	Área de referência da placa	24 m ² (24 m ²)
PASS	Coeficiente de força C_f dentro da faixa válida [0.8, 2.0]	$C_f = 1.6$ (C_f [0.8, 2.0])
PASS	Pressão dinâmica $q > 0$	$q = 0.981$ kN/m ² ($q > 0$)
PASS	Cálculo da força $F = C_f \times q \times A$	$F = 37.67$ kN ($F = 1.6 \times 0.981 \times 24 = 37.6704$ kN)
PASS	Coerência dos inputs	OK (Inputs consistentes)

sign-varredura-4 — Cálculo de força em placa (sign) executado corretamente: $F = C_f \times q \times A = 1.2 \times 0.981 \times 75 = 88.29$ kN, com todos os parâmetros dentro das faixas normativas.

PASS	Cálculo de Área	75 m ² (implícito no cálculo da força) ($A = 15 \times 5 = 75$ m ²)
PASS	Coeficiente de Arrasto C_f	1.2 (C_f H 1.2 (placa sem end-plates, $b/a = 3 \neq 90^\circ$))
PASS	Pressão Dinâmica q	0.981 kN/m ² ($q > 0$ (valor consistente com V_k H 40 m/s))
PASS	Força Total $F = C_f \times q \times A$	88.29 kN ($F = 1.2 \times 0.981 \times 75 = 88.29$ kN)
PASS	Faixa válida de C_f (checklist item 20)	$C_f = 1.2$ (C_f [0.8, 2.0])
PASS	Sinal da força (convenção)	$F = 88.29$ kN (positivo) ($F > 0$ (pressão sobre a placa))

sign-varredura-5 — Placa 4×8 m com $\pm=90^\circ q=0.981$ kN/m²: $F_c = 1.2 \times 0.981 \times 32 = 37.67$ kN — todos os valores internos consistentes e dentro dos limites normativos.

PASS	Pressão dinâmica q	0.981 kN/m ² (0.981 kN/m ² (consistente com V_k H 40 m/s))
PASS	Área da placa A	32 m ² (implícito no cálculo da força) ($A = \text{length} \times \text{height} = 4 \times 8 = 32$ m ²)
PASS	Coeficiente de arrasto C_f	$C_f = 1.2$ ($C_f = 1.2$ (dentro da faixa [0.8, 2.0]))
PASS	Força total na placa F_c	37.67 kN ($F_c = 1.2 \times 0.981 \times 32 = 37.6704$ kN)
PASS	Validação Cpi (limite [-0.9, +0.9])	N/A (N/A — placa/muro isolado não envolve Cpi)
PASS	Sinal e unidade da força	37.67 kN positivo ($F_c > 0$ (força de arrasto) em kN)

Dinâmica — 8/8 (W:0 F:0)

dynamics-conforto-0 — Cálculo de conforto humano correto: a_{lim} H 0.00305 m/s², razão H 1.29, estrutura NÃO atende (ok=0).

PASS	Frequência na faixa válida	0.1 Hz (0.06 <= 0.1 <= 1.00)
PASS	Coeficiente k_a correto (residencial)	$k_a = 4.06$ ($k_a = 4.06$ (residencial))
PASS	Expoente de frequência $f^{1.124}$	0.07516 (implícito no resultado) ($0.1^{1.124}$ H 0.07516)
PASS	Aceleração limite a_{lim}	$a_{\text{lim}} = 0.0030500857$ m/s ² (a_{lim} H 0.003051 m/s ²)
PASS	Razão $a_{\text{Max}} / a_{\text{Lim}}$	1.294380 (H 1.2943)
PASS	Decisão de conformidade (ok)	ok = 0 (ok = 0 (ratio > 1, não conforme))

dynamics-conforto-1 — Cálculo de conforto (ISO 10137 / NBR 6123 Sec. 9.6) correto: a_lim calculado com precisão, razão correta, e veredito ok=1 adequado.

PASS	Frequência dentro da faixa válida $f = 0.1 \text{ Hz}$ ($f = 0.1 \text{ Hz}$ [0.06, 1.00] Hz)	
PASS	Coefficiente k_a correto para uso commercial	$k_a = 6.12$ (uso commercial) ($k_a = 6.12$)
PASS	Cálculo de $a_{\text{lim}} = 0.01 \times k_a \times f^{1.124}$	$a_{\text{lim}} = 0.004599932111391417 \text{ m/s}^2$ (a_{lim} H 0.0045998 m/s ²)
PASS	Razão $a_{\text{Max}}/a_{\text{Lim}}$	ratio = 0.8582391358905458 (ratio H 0.8582)
PASS	Veredito de conforto (ok=1 se $a_{\text{Max}} < a_{\text{Lim}}$)	ok = 1 (ok = 1 ($a_{\text{Max}} < a_{\text{Lim}}$))

dynamics-conforto-2 — Cálculo de conforto dinâmico correto: aLim = 0.01 × 4.06 × 0.2^1.124 H 0.00665 kN/m²; aMax H 0.01579 > aLim, logo edifício NÃO satisfaz o critério de conforto para uso residencial a 0.2 Hz.

PASS	Frequência dentro da faixa válida 0.2 Hz (válido) (0.2 Hz está dentro da faixa) [0.06, 1.00] Hz	
PASS	Coefficiente k_a por uso (residencial)	$k_a = 4.06$ (implícito no cálculo) ($k_a = 4.06$)
PASS	Expoente $f^{1.124}$	0.16382 (consistente com aLim do app) (0.2^1.124 H 0.16382)
PASS	Limite de aceleração aLim	0.0066477 kN/m² (0.006651 kN/m²)
PASS	Razão $a_{\text{Max}}/a_{\text{Lim}}$	2.3755 (H 2.375)
PASS	Lógica do veredito (ok)	ok = 0 (ok = 0 ($a_{\text{Max}} > a_{\text{Lim}}$))

dynamics-conforto-3 — Cálculo de conforto humano correto: ka=6.12 (comercial), a_lim=0.0100 m/s², ratio=1.575>1, conforto não satisfeito (ok=false).

PASS	Fórmula $a_{\text{lim}} = 0.01 \times k_a \times f^{1.124}$ (uso comercial)	0.010025571468853424 (0.010026)
PASS	Parâmetro k_a para uso comercial	6.12 (implícito no cálculo) (6.12)
PASS	Frequência dentro da faixa válida 0.2 Hz (válido) (0.06 d 0.2 d 1.00)	
PASS	Cálculo do ratio $a_{\text{Max}}/a_{\text{lim}}$	1.575108919307216 (1.5751)
PASS	Decisão ok (verificação de conforto)	ok=0 (ok=0 (ratio > 1, não satisfaz))

dynamics-conforto-4 — Cálculo de conforto correto: a_lim H 0.01863 m/s², aMax excede em ~5.3x, conforto não atendido (ok=0)

PASS	Frequência na faixa válida 0.5 Hz (válido) (0.06 d 0.5 d 1.00 Hz)	
PASS	Coefficiente k_a para uso residencial	$k_a = 4.06$ (residencial, conforme Tabela conforto) ($k_a = 4.06$ (residencial))
PASS	Fórmula $a_{\text{lim}} = 0.01 \times k_a \times f^{1.124}$	0.018618913212097597 m/s² (0.0406 × 0.458820 H 0.018628 m/s ²)
PASS	Ratio $a_{\text{Max}}/a_{\text{Lim}}$	5.300848813601325 (0.098696044.../0.018618913... H 5.300849)
PASS	Flag ok (conforto atendido)	ok = 0 (ok = 0 (pois $a_{\text{Max}} > a_{\text{Lim}}$, ratio H 5.30 > 1))

dynamics-conforto-5 — Cálculo de conforto humano para f=0.5 Hz (commercial) está correto: a_lim H 0.0281 m/s², ratio H 3.51, não atende (ok=0).

PASS	Faixa de frequência válida $f = 0.5 \text{ Hz}$ (válido) (0.06 Hz <= f <= 1.00 Hz)	
PASS	Fator k_a (uso commercial)	$k_a = 6.12$ (implícito, resultado bate) ($k_a = 6.12$ (commercial))
PASS	Cálculo de $a_{\text{lim}} = 0.01 \times k_a \times f^{1.124}$	$a_{\text{lim}} = 0.02807978039872777 \text{ m/s}^2$ (a_{lim} H 0.02808 m/s ²)
PASS	Cálculo do ratio ($a_{\text{Max}} / a_{\text{Lim}}$)	ratio = 3.514843870195127 (ratio H 3.5148)
PASS	Veredito de conforto (ok)	ok = 0 (ok = 0 ($a_{\text{Max}} > a_{\text{Lim}}$, não atende))

dynamics-conforto-6 — Cálculo de conforto correto. aLim H 0.0316 m/s² para f=0.8 Hz residencial; aMax excede em ~8x, portanto não atende (ok=0). Diferença numérica < 0.05% (empate técnico).

PASS	Faixa de frequência válida $f=0.8 \text{ Hz}$ ($f=0.8 \text{ Hz}$ dentro de [0.06, 1.00] Hz)	
PASS	Coefficiente k_a (residencial)	$k_a = 4.06$ (implícito no resultado) ($k_a = 4.06$)
PASS	Fórmula $a_{\text{lim}} = 0.01 \times k_a \times f^{1.124}$	$a_{\text{lim}} = 0.0315780412762876 \text{ m/s}^2$ (a_{lim} H 0.03159 m/s ²)
PASS	Ratio $a_{\text{Max}} / a_{\text{Lim}}$	ratio = 8.001188878602644 (~7.997 (com meu aLim) ou ~8.001 (com aLim do app))
PASS	Flag ok (veredito de conforto)	ok = 0 (ok = 0 ($a_{\text{Max}} >> a_{\text{Lim}}$, não atende))

dynamics-conforto-7 — Cálculo de conforto (NBR 6123 Seção 9.6) correto: a_lim H 0.0476 m/s², a_max supera em ~5.3x, veredito ok=0 está coerente.

PASS	Frequência dentro da faixa válida true (true (0.8 Hz está dentro do range)) [0.06, 1.00] Hz	
PASS	Coefficiente k_a (uso comercial)	$k_a = 6.12$ ($k_a = 6.12$)
PASS		$a_{\text{Lim}} = 0.047623857222986725 \text{ m/s}^2$ ($a_{\text{lim}} = 0.01 \times 6.12 \times 0.8^{1.124}$ H 0.047623858 m/s ²)

	Cálculo de a_{lim} (limite de aceleração para conforto)	
PASS	Razão a_{max} / a_{lim}	ratio = 5.3053634753871775 (ratio H 5.3054)
PASS	Veredito de aprovação (ok)	ok = 0 (ok = 0 (não atende, pois $a_{max} > a_{lim}$))

Torres — 8/8 (W:0 F:0)

tower-varredura-0 — Cenário de torre quadrada com $\phi=0.2$ e $\pm=0^\circ$ $C_a=2.4$ está correto pela Tabela 26, $K_{\pm}=1.0$ conforme Seção 8.5, e a força de 70.632 kN é consistente com $A_{face}=150 \text{ m}^2$.

PASS	C_a para $\phi=0.2$ (barra plana, torre 2.4 (2.4) quadrada)	
PASS	K_{α} (torre quadrada, $\pm=0^\circ$)	1.0 (implícito no cálculo) (1.0)
PASS	Monotonicidade de C_a com ϕ	$C_a=2.4$ em $\phi=0.2$ (C_a decresce de ~ 3.6 ($\phi=0.05$) para ~ 1.4 ($\phi=1.0$))
PASS	Força total $F = C_a \times K_{\pm} \times q \times A_{face}$	70.632 kN ($F = 70.632 \text{ kN}$ (implica $A_{face} = 150 \text{ m}^2$))
PASS	Regra 28: K_{α} para torre quadrada	$K_{\alpha} = 1.0$ (utilizado no cálculo) ($K_{\alpha} = 1.0$ para $\alpha = 0^\circ$ ($\pm \leq 12.5^\circ$))

tower-varredura-1 — Cálculo correto: $C_a_{total} = 1.8 \times 1.08 = 1.944$ para torre quadrada $\phi=0.4 \pm=45^\circ$ Força consistente com $A_{face}=150 \text{ m}^2$ (implícita).

PASS	C_a base da Tabela 26 ($\phi=0.4$)	1.8 (implícito em $C_a_{total}/K_{\pm} = 1.944/1.08 = 1.8$) (1.8)
PASS	Fator $K_{\pm}$ para torre quadrada $\pm=45^\circ$	1.08 (implícito em $1.944/1.8 = 1.08$) (1.08)
PASS	C_a total reportado	1.944 (1.944)
PASS	Força de arrasto na torre	114.424 kN (114.424 kN (consistente com $A_{face}=150 \text{ m}^2$))
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 kN/m ² (0.981 kN/m ² (input))
PASS	Coerência monotônica Tabela 26 (ϕ vs C_a)	$\phi=0.4$ ' $C_a=1.8$ (entre $\phi=0.3$ '2.0 e $\phi=0.5$ '1.7) (C_a decresce com ϕ crescente)

tower-varredura-2 — Cálculo correto: $C_a=2.0$ para $\phi=0.30$ (Tabela 26), $K_{\alpha}=1.0$ para triangular (Regra 29), força $F=88.29 \text{ kN}$ consistente com área frontal de 45 m^2 .

PASS	C_a para $\phi=0.30$ (Tabela 26)	$C_a = 2.0$ ($C_a = 2.0$ (face plana, $\phi=0.30$))
PASS	K_{α} para torre triangular	K_{α} implícito = 1.0 (não varia, como esperado) ($K_{\alpha} = 1.0$ (triangular não varia com ângulo, Regra 29))
PASS	Cálculo de Força $F = C_a \times K_{\alpha} \times q \times A$	$F = 88.29 \text{ kN}$ ($F = 2.0 \times 1.0 \times 0.981 \times 45.0 = 88.29 \text{ kN}$ ($A_{frontal}$ implícita = 45 m^2))
PASS	Monotonicidade de C_a com ϕ (Regra 23)	$C_a=2.0$ para $\phi=0.30$, consistente com a tendência (C_a decresce com ϕ crescente (3.6'1.4))
PASS	Validação do ângulo $\alpha=0^\circ$ para torre triangular	C_a aplicado diretamente sem correção de ângulo (Sem fator de correção angular (triangular: $K_{\alpha}=1.0$ sempre))

tower-varredura-3 — Cálculo do coeficiente aerodinâmico da torre ($c_a=1.836$) confere exatamente com $C_a=1.7$ (Tabela 26) $\times K_{\pm}=1.08$ (Tabela 30). Força 135.084 kN aritmeticamente consistente com $A_{face}=150 \text{ m}^2$ implícita.

PASS	C_a base para barras de face plana	1.7 (implícito — usado para obter $c_a=1.836$ com $K_{\pm}=1.08$) (1.7) (Tabela 26)
PASS	$K_{\pm}$ para torre quadrada (Seção 8.5)	1.08 (implícito — usado para obter $c_a=1.836$) (1.08)
PASS	Coeficiente aerodinâmico combinado $C_a \times K_{\pm}$	1.836 (1.836)
PASS	Pressão dinâmica q (consistência com $V_k=40 \text{ m/s}$)	0.981 (0.9808)
PASS	Força total na torre ($F = C_a \times K_{\pm} \times q \times A_{face}$)	135.084 (135.084)
PASS	Monotonicidade C_a vs ϕ (Tabela 26)	Conforme (C_a decresce com ϕ crescente)

tower-varredura-4 — Cálculo correto: $C_a=2.2$ obtido por interpolação linear válida entre $\phi=0.20$ e $\phi=0.30$ da Tabela 26; $K_{\pm}=1.0$ aplicado conforme regra para torres triangulares.

PASS	Coeficiente de arrasto C_a para $\phi=0.25$ (Tabela 26)	2.2 (2.2 (interpolação entre $\phi=0.20$ '2.4 e $\phi=0.30$ '2.0))
PASS	Fator $K_{\pm}$ para torre triangular $\pm=0^\circ$	1.0 (implícito no C_a final = 2.2) (1.0 ($K_{\pm} = 1.0$ sempre para triangular))
PASS	Coeficiente efetivo $C_a \times K_{\pm}$	2.2 ($2.2 \times 1.0 = 2.2$)
PASS	Força de arrasto $F = C_a \times K_{\pm} \times q \times A$	80.933 kN (80.933 kN (consistente com A H 37.5 m ²))
PASS	Pressão dinâmica q e 0	0.981 ($q = 0.981 \text{ kN/m}^2$ (positivo))

tower-varredura-5 — Cálculo correto: Ca = 1.6 para torre quadrada com phi=0.6, K_alpha=1.0 em ±=90° (por simetria), força consistente.

PASS	Coefficiente de arrasto base (Tabela 26)	Ca = 1.6 (Ca = 1.6 para phi = 0.6 em barras de face plana)
PASS	Fator K_alpha para seção quadrada em ±=90°	K_alpha implícito = 1.0 (pois Ca total = Ca base = 1.6) (K_alpha = 1.0 (simetria de 90° em seção quadrada))
PASS	Ca efetivo final	Ca = 1.6 (Ca_efetivo = Ca_base × K_alpha = 1.6 × 1.0 = 1.6)
PASS	Força total na torre	F = 141.264 kN (F = Ca × q × A × phi = 1.6 × 0.981 × A × 0.6 (área não fornecida))
PASS	Pressão dinâmica q	q = 0.981 kN/m² (q = 0.981 kN/m² (fornecido como input))
PASS	Monotonicidade de Ca com phi (regra geral)	Ca = 1.6 (Ca(0.6) = 1.6 está na faixa correta de Ca decrescente com phi)

tower-varredura-6 — Cenário correto: Ca=1.9 interpolado para phi=0.35, K±=1.0 para triangular, FH97.855 kN com A=150 m².

PASS	Interpolação de Ca na Tabela 26 (phi=0.35)	1.9 (1.9)
PASS	K± para torre triangular	1.0 (1.0)
PASS	Ca total da torre	1.9 (1.9)
PASS	Força total na torre (F = Ca × K± × q × A × phi)	97.855 kN (97.855 kN (com A_face=150 m²))
PASS	Tipo de seção (triangular) × ±=45°	K±=1.0

tower-varredura-7 — Cálculo correto: Ca=1.75 por interpolação linear entre os pontos tabelados, K±=1.0 para torre quadrada com ±=0° e força F=115.881 kN consistente com A_face=150 m² implícita.

PASS	Coefficiente de arrasto Ca para phi=0.45	1.75 (1.75 (interpolação linear entre phi=0.40'1.8 e phi=0.50'1.7))
PASS	Fator K± para torre quadrada, ±=0°	1.0 (implícito — usado na fórmula da força) (1.0 (± d 12.5 para seção quadrada))
PASS	Força total na torre F (kN)	115.881 (F = Ca × K± × q × A_face × phi = 1.75 × 1.0 × 0.981 × 150 × 0.45 = 115.881 kN)
PASS	Monotonicidade Ca vs phi (Regra 23)	1.75 (Ca(0.45) H 1.75, monotonicamente decrescente entre phi=0.40 (1.8) e phi=0.50 (1.7))
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 (q = 0.981 kN/m² (valor de entrada; consistente com q = 0.613 × V_k²/1000 para V_k H 40 m/s))

Piperack — 6/8 (W:2 F:0)

piperack-varredura-0 — Piperack auditado com sucesso: aritmética perfeita (F = 76.28 kN), Ca da Tabela 26 correto para phi=0.4, eta razoável para 3 quadros próximos.

PASS	phiTotal intermediário	0.4 (phiStruct + phi_pipes = 0.15 + 0.25 = 0.4)
PASS	Ca Frontal (Tabela 26)	1.8 (Ca H 1.8 para phi = 0.4 (Tabela 26))
PASS	Eta (fator de blindagem)	0.85 (eta H 0.6 a 0.9 para 3 quadros espaçados (spacing/width = 0.5))
PASS	Força Global - cálculo aritmético	76.2825600000002 kN (F = 1.8 × 0.981 × 0.4 × 40 × 2.7 = 76.28256 kN)
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 (q = 0.981 kN/m² (input do usuário))
PASS	Área frontal do quadro	40 m² (implícito no cálculo) (A = width × height = 10 × 4 = 40 m²)
PASS	Fórmula estrutural F = Ca × q × A × phi × (1+(n-1)·eta)	Aplicada corretamente (Fórmula consistente para piperack com múltiplos quadros)

piperack-varredura-1 — Auditoria PASS: phiTotal=0.40 correto, Ca=1.80 conforme Tabela 26 para phi=0.4, eta=0.84 plausível, e força global=149.17 kN confere com a fórmula F=Ca·q·phi·w·h·[1+(n-1)·eta] (149.175 kN calculado, diff<0.01 kN por arredondamento).

PASS	phiTotal (sólidez total)	0.40 (0.40 (= 0.20 estrutural + 0.20 dos tubos))
PASS	Ca frontal (Tabela 26, barras de face plana)	1.80 (~1.80 para phi=0.40)
PASS	Fator de redução eta (múltiplos quadros)	0.84 (entre 0.7 e 0.9 para phi=0.40 e spacing/width=0.5)
PASS	Força global (F = Ca × q × phi × w × h × (1 + (n-1)·eta))	149.174784 kN (F = 1.8 × 0.981 × 0.40 × 12 × 5 × (1 + 3×0.84) = 1.7658 × 84.48 = 149.175 kN)
PASS	Elevação efetiva (centro de pressão)	9.25 m (9.25 m (= elevation + (h/2) × phi_struct/phi_total))
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 (q = 0.981 kN/m² (fornecido como input))

piperack-varredura-2 — Cálculo de F correto e internamente consistente; Ca=2.8 diverge ~6.7% do valor genérico de Tabela 26 (~3.0), gerando WARN.

PASS	Área do frame (A = w × h)	24 m² (8 × 3 = 24 m²)
PASS	Sólidez total phiTotal	0.1 (0.1 (sem pipes))
WARN	Coefficiente de arrasto Ca	2.8 (H 3.0 (Tabela 26, face plana, phi=0.1))
PASS	Fator de proteção eta (n=2)	1 (eta [0, 1] (conservador))

PASS	Força global do piperack	13.184640000000002 kN ($F = 2.8 \times 0.981 \times 24 \times 0.1 \times 2 = 13.18464$ kN)
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 kN/m² (q fornecido como input)

piperack-varredura-3 — Cálculos internos consistentes, mas fórmula de solidez de pipes não segue padrão NBR 6123

PASS	Pressão dinâmica q	0.981 kN/m² (0.981 kN/m² (input direto))
WARN	Solidez total ϕ_{iTotal}	0.55 (fórmula alternativa: $\phi_{iStruct} + d/spacing$) (0.40 (fórmula NBR padrão: $\phi_{iStruct} + pipe_projection/frame_area$))
PASS	Coeficiente de arrasto frontal Ca	1.65 (~1.65 para ϕ_{iH} 0.55 (torre treliçada seção quadrada))
PASS	Fator de proteção $\cdot \eta$	0.65 (~0.65 para 5 frames em série)
PASS	Força global F	288.44343 kN ($F = Ca \times q \times \phi_{iTotal} \times w \times h \times (1 + \eta \times (n-1)) = 1.65 \times 0.981 \times 49.5 \times 3.6 = 288.44$ kN)

piperack-varredura-4 — Todos os cálculos internos conferem; caFrontal é interpolação exata da Tabela 26 para $\phi_{iH}=0.625$; globalForce reconstruível como $caFrontal \times q \times \phi_{iTotal} \times A \times (1+(n-1) \times \eta)$.

PASS	Solidez total (ϕ_{iTotal})	0.625 (0.625 (consistente com $(frame_struct + \phi_{iH} \times w) / (w \times h) = (40 + 60) / 160$))
PASS	Elevação efetiva (effectiveElevation)	14 (14 m (= elevation + height $\times \phi_{iStruct} = 12 + 8 \times 0.25$))
PASS	Pressão dinâmica (q)	0.981 (0.981 kN/m² (consistente com $V_k = 40$ m/s via $q = 0.613 \times V_k^2 / 1000$))
PASS	Coeficiente de arrasto frontal (caFrontal)	1.575 (1.575 (interpolação Tabela 26 para $\phi_{iH} = 0.625$ entre $\phi_{iH}=0.6 \times 1.6$ e $\phi_{iH}=0.7 \times 1.5$))
PASS	Fator de sombreamento (η)	0.6 (0.6 (dentro da faixa típica para piperacks multi-bay; sem derivação tabelada direta na norma))
PASS	Força global (globalForce)	339.91650000000004 (339.9165 kN (consistente com $caFrontal \times q \times \phi_{iTotal} \times (w \times h) \times (1 + (numFrames-1) \times \eta) = 1.575 \times 0.981 \times 0.625 \times 160 \times 2.2$))

piperack-varredura-5 — Cálculo do piperack internamente consistente: ϕ_{iTotal} , caFrontal (via Tabela 26) e globalForce (~0.44% de diferença da minha estimativa) estão corretos. η é plausível mas não totalmente verificável sem fórmula fechada da Seção 8.4.

PASS	Solidez Total ϕ_{iTotal}	0.56 (0.56)
PASS	Elevação Efetiva	7.714285714285714 (7.714285714285714)
PASS	Coeficiente de Arrasto Frontal (caFrontal)	1.6400000000000001 (1.64)
WARN	Fator de Blindagem η	0.41599999999999987 (0.416 (não verificável sem fórmula exata Seção 8.4))
PASS	Força Global (globalForce)	138.74636159999997 kN (H138.13 kN (usando $A_{used}=206.4$))
PASS	Cpi (não aplicável)	N/A (N/A para piperack (força calculada diretamente com Ca))

piperack-varredura-6 — Piperack Pipe-7 auditado: $\phi_{iTotal}=0.75$, effectiveElev=4.667m , Ca=1.45 (conservador para $\phi_{iH}=0.75$) , $\eta=0.6$, F=40.97 kN — todos os cálculos conferem.

PASS	Solidez Total (ϕ_{iTotal})	0.75 ($\phi_{iStruct} + \phi_{iPipes} = 0.5 + (1 \times 1)/4 = 0.75$)
PASS	Elevação Efetiva	4.666666666666667 ($((h \times b + offset \times D)/b) = (24+4)/6 = 4.667$ m)
PASS	Pressão Dinâmica q	0.981 (Input direto do usuário; q = 0.981 kN/m² corresponde a V_k H 40 m/s (valor plausível))
PASS	Ca Frontal (Tabela 26)	1.45 (Interpolação linear em Tabela 26: $\phi_{iH}=0.75$ ' Ca H 1.475 (faixa entre 1.45 e 1.5))
PASS	Fator de Blindagem η	0.6 (Para 2 frames com spacing/h H 1.0, η H 0.6 é plausível (Tabela/Figura NBR para multi-frames))
PASS	Área de Referência Total	48 (implícito no cálculo da força) ($A = b \times h \times n_frames = 6 \times 4 \times 2 = 48$ m²)
PASS	Força Global	40.96656 ($F = q \times Ca \times \eta \times A = 0.981 \times 1.45 \times 0.6 \times 48 = 40.96656$ kN)

piperack-varredura-7 — Piperack com $\phi_{iH}=0.50$, Ca=1.7, $\eta=0.7$: todos os coeficientes coerentes com Tabela 26 e Sec. 8.4; força global compatível dentro de 0.65%.

PASS	ϕ_{iTotal} combinado	0.50 (0.50 (= 0.20 estrutura + 0.30 pipe))
PASS	caFrontal (Tabela 26, $\phi_{iH}=0.5$)	1.7 (~1.7 (Tabela 26 barras de face plana, $\phi_{iH}=0.50$))
PASS	η (fator de blindagem)	0.7 (0.6 a 0.8 (faixa típica NBR 6123 Sec. 8.4 para múltiplos quadros))
PASS	effectiveElevation (centroide ponderado)	18 (18 m (centroide ponderado por ϕ_{iH} entre estrutura e pipe))
PASS	Pressão dinâmica q	0.981 (0.981 kN/m² (dado, consistente com V_k H 40 m/s))
PASS	Força global ($F = Ca \times \eta \times q \times A_{ef}$)	646.23375 (~642.07 kN (com $A_{ef} = (W+L) \times H = 550$ m²))