LIGAÇÕES SOLDADAS EM ESTRUTURA METÁLICA

NORMA:

ABNT NBR 8800:2008: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, Artigo 6: Condições específicas para o dimensionamento de ligações metálicas.

MATERIAIS:

– Perfis (Material base): A-36 250Mpa.

– Material de adição (soldas): Eletrodos da série E60XX. Para os materiais utilizados o procedimento de solda SMAW (Arco elétrico com eletrodo revestido), cumprem-se as condições de compatibilidade entre materiais exigidas pelo item 6.2.4 ABNT NBR 8800:2008.

DEFINIÇÕES PARA SOLDAS EM ÂNGULO:

– Garganta efetiva: é igual à menor distância medida desde a raiz à face plana teórica da solda (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).

– Lado do cordão: é o menor dos dois lados situados nas faces de fusão do maior triângulo que pode ser inscrito na seção da solda (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).

– Raiz da solda: é a interseção das faces de fusão (item 6.2.2.2 b) ABNT NBR 8800:2008).

– Comprimento efetivo do cordão de solda: é igual ao comprimento total da solda com dimensões uniformes, incluídos os retornos (item 6.2.2.2 c) ABNT NBR 8800:2008).

DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS:

1) As prescrições consideradas neste projeto aplicam-se a ligações soldadas nas quais:

– Os aços das peças a unir têm um limite elástico não superior a 100 ksi [690 MPa] (item 1.2 (1) AWS D1.1/D1.1M:2002).

– As espessuras das peças a unir são pelo menos de 1/8 in [3mm] (item 1.2 (2) AWS D1.1/D1.1M:2002).

– As peças soldadas não são de seção tubular.

2) Em soldas de topo de penetração total ou parcial verifica-se que:

– O comprimento efetivo das soldas de penetração total ou parcial é igual ao seu comprimento total, o qual é igual ao comprimento da parte unida (item 6.2.2.1 b) ABNT NBR 8800:2008).

– Em soldas de penetração total, a garganta efetiva é igual à menor espessura das peças unidas (item 6.2.2.1 c) ABNT NBR 8800:2008).

– Em soldas de penetração parcial, a espessura mínima da garganta efetiva cumpre os valores da seguinte tabela:

Tabela 9 ABNT NBR 8800:2008

Menor espessura das peças a unir (mm)	Espessura mínima de garganta efetiva (mm)
Menor que ou igual a 6,35	3
Menor que ou igual a 12,5	5
Menor que ou igual a 19	6
Menor que ou igual a 37,5	8
Menor que ou igual a 57	10
Menor que ou igual a 152	13
Maior que 152	16

– A espessura de garganta efetiva das soldas de penetração parcial determina-se segundo a tabela 5 ABNT NBR 8800:2008.

3) Em soldas em ângulo verifica-se que:

– O tamanho mínimo do lado de uma solda de ângulo cumpre os valores da seguinte tabela:

Tabela 10 ABNT NBR 8800:2008

Menor espessura das peças a unir (mm)	Tamanho mínimo do lado de uma solda em ângulo(a) (mm)
Menor que ou igual a 6,35	3
Menor que ou igual a 12,5	5
Menor que ou igual a 19	6
Maior que 19	8

(a) Executadas em uma só passada.

– O tamanho máximo do lado de uma solda em ângulo ao longo das bordas de peças soldadas cumpre o especificado no item 6.2.6.2.2 ABNT NBR 8800:2008, o qual exige que:

– ao longo das bordas de material com espessura inferior a 6,35 mm, seja menor ou igual à espessura do material;

– ao longo das bordas de material com espessura igual ou superior 6,35 mm, seja menor ou igual à espessura do material menos 1,5 mm.

– O comprimento efetivo de um cordão de solda em ângulo cumpre que é maior que ou igual a 4 vezes o tamanho do seu lado, ou que o lado não se considera maior que o 25 % do comprimento efetivo da solda. Além disso, o comprimento efetivo de uma solda em ângulo exposta a qualquer solicitação de cálculo não é inferior a 40 mm (item 6.2.6.2.3 ABNT NBR 8800:2008).

4) No detalhe das soldas indica-se o comprimento efetivo do cordão (comprimento sobre o qual o cordão tem o seu tamanho completo). Para alcançar tal comprimento, pode ser necessário prolongar o cordão rodeando os cantos, com o mesmo tamanho de cordão.

5) As soldas de ângulo de ligações em 'T' com ângulos menores que 30° não se consideram como efetivas para a transmissão das cargas aplicadas (item 2.3.3.4 AWS D1.1/D1.1M:2002).

6) Nos processos de fabricação e montagem deverão ser cumpridos os requisitos indicados no capítulo 5 de AWS D1.1/D1.1M:2002. No que diz respeito à preparação do metal base, exige-se que as superfícies sobre as quais se depositará o metal de adição devem ser suaves, uniformes, e livres de fissuras e outras descontinuidades que afetariam a qualidade ou resistência da solda. As superfícies a soldar, e as superfícies adjacentes a uma solda, deverão estar também livres de lâminas, escamas, óxido solto ou aderido, escória, ferrugem, umidade, óleo, gordura e outros materiais estranhos que impeçam uma solda apropriada ou produzam emissões prejudiciais.

VERIFICAÇÕES:

– A resistência de cálculo dos cordões de solda determina-se de acordo com o item 6.2.5 ABNT NBR 8800:2008.

– O método utilizado para a verificação da resistência dos cordões de solda é aquele em que as tensões calculadas nos cordões (resultante vetorial), consideram-se como tensões de corte aplicadas sobre a área efetiva (item 2.5.4.1 AWS D1.1/D1.1M:2002).

– A área efetiva de um cordão de solda é igual ao produto do comprimento efetivo do cordão pela espessura de garganta efetiva (itens 6.2.2.1 a) e 6.2.2.2 a) ABNT NBR 8800:2008).

– Na verificação da resistência dos cordões de solda considerou-se uma solicitação mínima de cálculo de 45kN (item 6.1.5.2 ABNT NBR 8800:2008).

LIGAÇÕES APARAFUSADAS EM ESTRUTURA METÁLICA

NORMA:

ABNT NBR 8800:2008: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios, 6.3 Parafusos e barras redondas rosqueadas.

MATERIAIS:

– Perfis (Material base): A-36 250Mpa.

DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS:

1) Uma vez montadas as peças, todas as superfícies de ligação, incluídas as adjacentes às cabeças dos parafusos, porcas e anilhas, devem estar livres de pequenas lâminas (exceto aquelas firmemente aderidas ao material), rebarbas, sujeira ou qualquer outra matéria estranha que impeça o perfeito contato entre as peças.

2) Os parafusos devem estar alinhados para permitir a inserção dos parafusos sem danificar as suas roscas.

3) Deve-se verificar, antes da colocação, se as porcas podem deslocar-se livremente sobre o parafuso correspondente.

4) Em cada parafuso será colocada uma anilha no lado da cabeça e outra no lado da porca.

5) Os furos devem realizar-se através de broca ou outro processo que proporcione um acabamento equivalente.

6) A furação é admitida para peças de espessura não superior ao diâmetro do parafuso mais 3 mm. Para espessuras maiores, os furos devem ser realizados através de broca, ou através de furação prévia com matriz de diâmetro inferior a 3,5 mm do diâmetro definitivo, para depois perfurar até ao diâmetro nominal.

7) Condições para o aperto dos parafusos não pré-tensionados:

– Cada conjunto de parafuso, porca e anilhas deve alcançar a condição de aperto máximo sem sobrecarregar os parafusos. Esta condição é a que poderia conseguir um operário com alguns impactos aplicados por uma chave de impacto ou pelo esforço máximo aplicado por um operário usando uma chave normal.

– O aperto deve ser realizado a partir dos parafusos localizados na parte mais rígida da ligação, seguindo na direção das bordas livres, inclusive, é conveniente realizar algum ciclo de aperto adicional.

VERIFICAÇÕES:

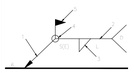
– São feitas as verificações indicadas nos itens 6.3.3, 6.3.4 e 6.3.5 de ABNT NBR 8800:2008.
– Na verificação da resistência das ligações parafusadas considerou-se uma solicitação mínima de cálculo de 45kN (artigo 6.1.5.2 ABNT NBR 8800:2008).

REFERÊNCIAS E SIMBOLOGIA

Para a representação dos símbolos de soldas consideram-se as indicações da norma ANSI/AWS A2.4-98 "STANDARD SYMBOLS FOR WELDING, BRAZING, AND NONDESTRUCTIVE EXAMINATION".

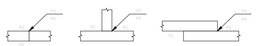
MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DE SOLDAS

Conforme a figura 2 de ANSI/AWS A2.4-98 e os tipos de soldas utilizadas neste projeto, desenvolve-se o seguinte esquema de representação de uma solda:



Referências:
1: seta (ligação entre 2 e 6)
2: linha de referência
3: símbolo de solda
4: símbolo solda perimetral.
5: símbolo de solda no local de montagem.
6: linha do desenho que identifica a ligação proposta.
S: profundidade do bisel. Em soldas em ângulo, é o lado do cordão de solda.
(E): tamanho do cordão em soldas de topo.
L: comprimento efetivo do cordão de solda
D: dado suplementar. Em geral, a série de eletrodo a utilizar e o processo pré-qualificado de solda.

A informação relacionada com o lado da ligação soldada à qual aponta a seta, coloca-se por baixo da linha de referência, enquanto que para o lado oposto, indica-se acima da linha de referência:



Onde:

OS(Other Side): é o outro lado da seta

AS(Arrow Side): é o lado da seta

Referência 3

Designação	Ilustração	Símbolo
Solda de filete		
Solda de topo em 'V' simples (com chanfro)		
Solda de topo em bisel simples		
Solda de topo em bisel duplo		
Solda de topo em bisel simples com chanfro de raiz larga		
Solda combinada de topo em bisel simples e em ângulo		
Solda de topo em bisel simples com lado curvo		

MÉTODO DE REPRESENTAÇÃO DOS PARAFUSOS DE UMA LIGAÇÃO

Relatórios

SÃO BENTO - 2025 - GALPÃO ESCOLA TRECHO SECO FINAL — Data: 19/01/26

1. ESTRUTURA

1.1. Geometria

1.1.1. Barras

1.1.1.1. Tabela resumo

Material		Perfis	Comprimento (mm)	Peso (kg)	Área (m²)	Área Pintura (m²/m)	Área Pintura (m²)
Aço laminado	A-36 250Mpa	W 200 x 15	12 x 500 = 6000	67.544	0.765	0.150	0.900
		Total		67.544			0.900
Aço dobrado	A-36 250Mpa	Ø 12.7x25.4x0.50	4 x 1365 = 5460	6.285	0.150	0.150	0.819
		Ø 19.0x4.8x0.75 (Com geometria complexa)	4 x 1365 = 5460	8.153	0.150	0.150	0.819
		Ø 9.5x3.8x0.75	8 x 1365 = 10920	6.153	0.150	0.150	1.638
		Ø 6.0x3.8x1.25	8 x 1365 = 10920	8.135	0.150	0.150	1.638
						Total	5.014
						Total geral	189.580

1.1.1.2. Quantitativos de superfícies

Perfis de aço. Quantitativos das superfícies a pintar					
Tipo	Série	Perfil	Área/Área exterior (m²/m)	Comprimento (m)	Superfície (m²)
Aço laminado	I	W 200 x 15	0.765	67.544	51.650
				Subtotal:	51.650
Aço dobrado	#	Ø 12.7x25.4x0.50	0.285	32.130	36.658
		Ø 19.0x4.8x0.75 (Com geometria complexa)	0.285	32.130	36.658
		Ø 9.5x3.8x0.75	0.153	75.105	11.485
		Ø 6.0x3.8x1.25	0.135	55.348	8.564
				Subtotal:	93.365
				Total:	145.015

1.2. Ligações

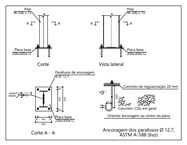
1.2.1. Memória de cálculo

Relatórios

SÃO BENTO - 2025 - GALPÃO ESCOLA TRECHO SECO FINAL — Data: 19/01/26

1.2.1.1. Tipo A1

a) Detalhe



b) Descrição dos componentes da ligação

Elementos complementares								
Peça	Esquema	Geometria (mm)			Furos		Aço	
		Comprimento	Largura	Espessura	Quantidade	Diâmetro (mm)	Tipo	F_y (kgf/cm²) / F_u (kgf/cm²)
Placa base	3	200	300	12	4	12.7	A-36 250Mpa	2548.4 / 4077.5

c) Verificação

1) Flar W 200 x 15

Verificações de resistência					
Componente	Verificação	Unidades	Disponível	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensão de von Mises	N/mm²	157.62	227.27	69.35

Relatórios

SÃO BENTO - 2025 - GALPÃO ESCOLA TRECHO SECO FINAL — Data: 19/01/26

Soldas (ABNT NBR 8800:2008)

Limitações (ABNT NBR 8800, 6.2.6)								
Descrição	Tipo	P. S.	Comprimento			Perna		
			L (mm)	L_{min} (mm)	L_{ef} (mm)	P_{min} (mm)	P_{max} (mm)	P_{ef} (mm)
Junta da alma	De Ângulo	Sobrada	4	40	1.15	3	4	3

P.S. Procedimento de soldagem
1. Manual equipamento de metal base.
2. Semi-automática arame sólido.
Obs. Perna de solda.

Verificação de cordões de soldadura															
Descrição	Perna	L	L_e	Área efetiva	Direção	Resistência (kN/cm²)	Coeficiente de segurança		Resistência (kN/cm²)		Coeficiente de segurança		Aprov. (%)
							Base	Adm.	Base	Adm.	Base	Adm.	
Junta da alma	3	4	115	1.5	0°	24.0	62.2	184.4	30.00	45.2	136.4	47.83	1.10

Notas:
*a. Verificação de cálculo
*b. Não é necessário verificar a direção de corte, não precisa ser considerada.

Relatórios

SÃO BENTO - 2025 - GALPÃO ESCOLA TRECHO SECO FINAL — Data: 19/01/26

2) Placa de ancoragem

Verificações		
Verificação	Valores	Estado
Distância mínima entre chumbadores: **3 diâmetros**	Mínimo: 37 mm Calculado: 140 mm	Passa
Distância mínima chumbador-perfil: **1.5 diâmetros**	Mínimo: 19 mm Calculado: 29 mm	Passa
Distância mínima chumbador-borda: **2 diâmetros**	Mínimo: 25 mm Calculado: 30 mm	Passa
Comprimento mínimo de penetração: **Suficiente para que a ruptura seja dúctil e controlada por aderência.**	Mínimo: 23 cm Calculado: 130 cm	Passa
Arrancamento chumbador no concreto: - Tração: - Cortante: - Tração + Cortante:	Máximo: 7.39 t Calculado: 0.216 t Máximo: 5.173 t Calculado: 0.203 t Máximo: 7.39 t Calculado: 1.006 t	Passa Passa Passa
Tração chumbadores:	Máximo: 7.39 t Calculado: 0.216 t	Passa
Tensão de Von Mises nos chumbadores:	Máximo: 3165.14 kgf/cm² Calculado: 1967.4 kgf/cm²	Passa
Esmagamento chumbador na placa: **Limite de esforço de corte em um chumbador atuando contra a placa**	Máximo: 8.911 t Calculado: 0.203 t	Passa
Tensão de Von Mises em seções globais: - Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Máximo: 2548.42 kgf/cm² Calculado: 409.649 kgf/cm² Calculado: 624.435 kgf/cm² Calculado: 624.435 kgf/cm² Calculado: 624.435 kgf/cm²	Passa Passa Passa Passa Passa
Flecha global equivalente: **Limite de 10 diâmetros nos balanços**	Máximo: 250 Calculado: 2547.05	Passa
- Direita: - Esquerda: - Acima: - Abaixo:	Calculado: 2547.05 Calculado: 2364.7 Calculado: 2364.7	Passa Passa Passa
Tensão de Von Mises local: **Tensão em ângulo de mudança de seções planas em balanço**	Máximo: 2548.42 kgf/cm² Calculado: 0 kgf/cm²	Passa
	Todas as verificações foram cumpridas	

Informação adicional:
- Rotação ruptura dúctil(avaliar seção de concreto): 0.0271.

Relatórios

SÃO BENTO - 2025 - GALPÃO ESCOLA TRECHO SECO FINAL — Data: 19/01/26

c) Quantit.

Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E60XX	No local de montagem	De Ângulo	3	230

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Porcas	Classe B5	4	1/2", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	4	1/2", ASTM F436

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Placa base	1	200x300x12	5.65
			Total:	5.65
ASTM A-588 (Isoc)	Parafusos de ancoragem	4	Ø 12.7 - L = 1365 = 145	5.89
			Total:	5.89

1.2.2. Quantit.

Soldas				
Classe de resistência	Execução	Tipo	Lado (mm)	Comprimento de cordões (mm)
E60XX	No local de montagem	De Ângulo	3	1840

Elementos para aparafusar			
Tipo	Material	Quantidade	Descrição
Porcas	Classe B5	32	1/2", ASTM A563
Anilhas	Tipo 1	32	1/2", ASTM F436

Placas de base				
Material	Elementos	Quantidade	Dimensões (mm)	Peso (kg)
A-36 250Mpa	Placa base	8	200x300x12	45.22
			Total:	45.22
ASTM A-588 (Isoc)	Parafusos de ancoragem	32	Ø 12.7 - L = 1365 = 145	47.09
			Total:	47.09

PREFEITURA

CREA

BOMBEIRO OU NATURATINS

PROJETO:

PROJETO ESTRUTURAL

5/5

OBRA: AMPLIAÇÃO DA ESCOLA MUNICIPAL JOSÉ MARIA PINHEIRO LOPES

PROPRIETÁRIO: FUNDO MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO DE SÃO BENTO - TO

CNPJ: 32.316.900/0001-39

ENDEREÇO: TO - 010, POVOADO TRECHO SECO - SÃO BENTO DO TOCANTINS

QUADRO DE ÁREAS

ÁREA DE AMPLIAÇÃO:.....159,05m²
ÁREA DO GALPÃO:.....130,50m²

ASSINATURA PROPRIETÁRIO	FUNDO MUNICIPAL DE SÃO BENTO DO TOCANTINS
AUTOR DO PROJETO CAU-TO nº273.379-0 ARQUITETO URBANISTA	GUSTAVO SILVA VELOSO
RESP. TÉCNICO	

ESCALA:	DESENHO:	DATA:
INDICADA	GUSTAVO SILVA VELOSO	JANEIRO DE 2026

CONTEÚDO: RELATÓRIOS, NORMAS E TABELAS.