

DESCRITIVO DE PROJETO CONCEITUAL

Código: CDP-EM-0413-ET-REV01

Revisão: REV. 01

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 2/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

Sumário

1. OBJETO DO ESCOPO	3
2. APLICAÇÃO	3
3. CÓDIGOS E NORMAS	3
4. REQUISITOS GERAIS.....	7
4.1 AGRESSIVIDADE DO AMBIENTE.....	8
4.2 VIDA ÚTIL DO PROJETO.....	8
4.3 MATERIAIS	8
4.4 SÍMBOLOS E CONVENÇÕES ESTRUTURAIS	9
4.5 SISTEMAS DE UNIDADES.....	9
5. REQUISITOS ESPECÍFICOS.....	10
5.1 DIMENSÕES	10
5.2 -MATERIAIS	10
5.3 - CARREGAMENTOS	12
5.4- COMBINAÇÕES DE CARREGAMENTO	16
5.5- PONTOS DE ANCORAGEM DE LINHA DE VIDA	16
5.6- QUADRO DE CARGAS.....	16
6. DIMENSIONAMENTO.....	17
6.1- CUIDADOS PARA EVITAR A CORROSÃO PREMATURA DAS ESTRUTURAS.....	17
6.2- COEFICIENTE DE APROVEITAMENTO	17
7. DEFORMAÇÕES MÁXIMAS ADMISSÍVEIS	17
7.1- DEFORMAÇÕES VERTICAIS E HORIZONTAIS.....	17
7.1.1-Deformações Verticais	18
7.1.2- Deformações Horizontais	18
8. ESTRUTURAS E ELEMENTOS ESTRUTURAIS.....	19
8.1- ESTABILIDADE TRANSVERSAL.....	19
8.2- ESTABILIDADE LONGITUDINAL	19
8.3- ESBELTEZ LIMITE	19
8.4- VIGA DE ROLAMENTO.....	20
8.5- CORRIMÃO, GUARDA-CORPO E ESCADAS.....	20
8.6- ESCADAS MARINHEIRO	20
8.7- PISOS	21
8.8- ESPESSURAS E DIÂMETROS MÍNIMOS.....	21
8.9- ESTRUTURAS DE ALMA CHEIA E TRELIÇADAS.....	21
8.10- LIGAÇÕES.....	22
8.10.1- Ligações Parafusadas	22
8.10.1- Ligações Soldadas	22
8.11- COBERTURA E TAPAMENTO.....	23
9. PROTEÇÃO ANTICORROSIVA	23
10. INSPEÇÃO E TESTES.....	23
11. MEMÓRIA DE CÁLCULO.....	24

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 3/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

1. Objeto do Escopo

Este documento tem como objetivo estabelecer os critérios mínimos para o desenvolvimento dos serviços de engenharia básica, entregas da disciplina de Estruturas Metálicas para as estruturas do Projeto **PLANTA PILOTO ST. GEORGE**, no **CEFET-MG**, localizado no município de Araxá/MG.

2. Aplicação

Este critério aplica-se aos documentos elaborados pela disciplina de Estruturas Metálicas para o desenvolvimento do projeto, memórias de cálculo e planilhas de quantidades, especificações e requisições técnicas, necessários no desenvolvimento do projeto.

3. Códigos e Normas

Os critérios estabelecidos nos códigos e normas, padrões da indústria e de fabricação, aplicáveis ao projeto, são considerados como requisitos mínimos, podendo ser aplicados critérios mais conservadores e restritivos em situações pertinentes.

A menos que seja indicado especificamente, o projeto de todos os sistemas de estruturas metálicas deverá considerar a última edição dos códigos e normas publicados pelas seguintes organizações:

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

AISC American Institute of Steel Construction

AISI American Iron and Steel Institute

AIST Association of Iron and Steel Technology

ASCE American Society of Civil Engineers

ASTM American Society for Testing and Materials

AWS American Welding Society

ANSI American National Standards Institute

ASME American Society of mechanical Engineers

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 4/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

Os códigos e normas relacionados abaixo foram utilizados na elaboração deste documento ou contêm instruções e procedimentos aplicáveis a ele. Deverão ser utilizados na sua revisão mais recente.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

- NBR 5884 Perfil I estrutural de aço soldado por arco elétrico - Requisitos gerais
- NBR 6120 Cargas para o cálculo de estruturas de edificações
- NBR 6123 Forças devidas ao vento em edificações
- NBR 6323 Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação
- NBR 6355 Perfis estruturais de aço formados a frio - Padronização
- NBR 8681 Ações e segurança nas estruturas - Procedimento
- NBR 8800 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios
- NBR 9077 Saídas de emergência em edifícios
- NBR 14323 Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio - Procedimento
- NBR 14432 Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimento
- NBR 14643 Corrosão atmosférica — Classificação da corrosividade de atmosferas.
- NBR 14611 Desenho técnico - Representação simplificada em estruturas metálicas
- NBR 14626 Equipamentos de proteção individual contra queda de altura – Trava-queda deslizante incluindo a linha flexível de ancoragem
- NBR 14762 Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio
- NBR 16239 Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edificações com perfis tubulares
- NBR 14513 Telhas de aço revestido de seção ondulada - Requisitos

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 5/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

NBR 14514 Telhas de aço revestido de seção trapezoidal - Requisitos

NBR 14115 Poliéster reforçado com fibras de vidro - Chapas planas ou onduladas - Requisitos.

NBR15575-1 Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos gerais

NBR 15980 Perfis laminados de aço para uso estrutural — Dimensões e tolerâncias

NBR 16696 Grades de piso e degraus de aço inoxidável e aço-carbono eletrofundidos e galvanizados por imersão a quente - Requisitos

NBR 16775 Estruturas de aço, estruturas mistas de aço e concreto, coberturas e fechamentos de aço — Gestão dos processos de projeto, fabricação e montagem — Requisitos

AISC - American Institute of Steel Construction

ANSI/ AISC 360-16 Specification for Structural Steel Buildings

ASCE - American Society of Civil Engineers:

ASCE / SEI 7-05 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

ASTM - American Society for Testing and Materials

A6 Specification for general requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes and Sheet Piling

A36 Specification for Carbon Structural Steel

A53 Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless

A123 Standard Specification for Zinc (Hot-Dip Galvanized) Coatings on Iron and Steel Products

A153 Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware

A307 Specification for Carbon Steel Bolts and Studs

A500 Standard Specification for Cold-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing in Rounds and Shapes

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 6/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

A501 Standard Specification for Hot-Formed Welded and Seamless Carbon Steel Structural Tubing

A563 Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Nuts

A572 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Columbium-Vanadium Structural Steel

A578 Straight-Beam Ultrasonic Examination of Rolled Steel Plates for Special Applications

A588 Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel, up to 50 ksi [345 MPa] Minimum Yield Point, with Atmospheric Corrosion Resistance

A1011 / A1011M Standard Specification for Steel, Sheet and Strip, Hot-Rolled, Carbon, Structural, High-Strength Low-Alloy, High-Strength Low-Alloy with Improved Formability, and Ultra-High Strength

F436 Standard Specification for Hardened Steel Washers

F3125 (*) Standard Specification for High Strength Structural Bolts, Steel and Alloy Steel, Heat Treated, 120 ksi (830 Mpa) and 150 ksi (1040 Mpa) Minimum Tensile Strength, Inch and Metric Dimensions.

(*) Nota: para os parafusos ASTM A325 e A490 devem ser respeitadas as prescrições da norma F3125 em sua última revisão.

AWS - American Welding Society

A2.4 Standard Symbols for Welding, Brazing, and Nondestructive Examination

A5.1 Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal ArcWelding

D1.1 Structural Welding Code - Steel

ANSI / ASME - American National Standards Institute / American Society of Mechanical Engineers

B1.1 Unified Inch Screw Threads, UN and UNR Thread Form

B18.2.1 Square and Hex Bolts and Screws

B18.2.2I Square and Hex Nuts

B18.2.6 Fasteners for use in structural applications

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 7/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

B18.5 Round Head Bolts

B18.21.1 Washers: Helical Spring-Lock, Tooth Lock, and Plain Washers (Inch Series)

B27.2 Plain Washers

B27.4 Beveled Washers

AIST - Association for Iron and Steel Technology

AIST TR-13 Guide for the Design and Construction of Mill Buildings

Os requisitos legais têm sempre prevalência sobre os requisitos constantes neste documento, com exceção de situações em que estes sejam mais restritivos.

Apresenta-se uma lista das NR principais identificadas com o projeto, porém, essa lista não é exaustiva e devem ser consideradas todas as NRs pertinentes a cada serviço a ser executado.

NR1 Disposições gerais

NR 8 Edificações

NR 12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

NR 18 Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção

NR 22 Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração

NR 23 Proteção contra incêndios

NR 26 Sinalização de segurança

NR 35 Trabalho em altura

4. Requisitos Gerais

Os projetos de estruturas metálicas devem ser elaborados de acordo com as normas aplicáveis, sob a responsabilidade de profissionais legalmente habilitados e com experiência anterior comprovada. Entende-se por projeto o conjunto de documentos, especificações, manuais, dimensionamentos e desenhos necessários à implantação do empreendimento:

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 8/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

4.1 Agressividade do Ambiente

A classe de agressividade ambiental a que a estrutura está sujeita, Categoria de Corrosividade C5, (Muito alta), conforme NBR 14643, item 5.2, tabela 1.

4.2 Vida útil do Projeto

De acordo com tabela C.5 da NBR 15575-1:2024 a VUP deverá ser atingida desde que sejam observados os planos de inspeção e manutenção previstos no manual de uso e manutenção da edificação.

4.3 Materiais

Na tabela a seguir estão relacionados e descritos os materiais a serem considerados e as normas às quais estes devem estar de acordo.

Descrição	Norma
Aço estrutural para perfis laminados	ASTM A36; ASTM A572 Gr 50
Aço estrutural para uso geral, referente a chapas e perfis soldados.	ASTM A36; ASTM A572 Gr 50; CIVIL350
Aço estrutural para fabricação de perfis dobrados a frio.	ASTM A36; ASTM-A1011-SS 36
Aço estrutural para chumbadores	ASTM A36
Aço estrutural para tirantes	ASTM A36
Aço para parafusos comuns (ligações secundárias)	ASTM A307
Aço para parafusos de alta resistência (ligações principais)	ASTM F 3125 Gr A325 Proteção: Galvanização a fogo.
Consumíveis e eletrodos para solda	AWS A5.1, AWS A5.5, AWS A5.17, AWS A5.18, AWS A5.20, AWS A5.23, AWS A5.28, AWS A5.29
Chapa xadrez	ASTM A36
Telhas para cobertura e tapamento	ZAR 280
Calhas	ZAR 280 / ZAR 345
Tubos com e sem costura	ASTM A53, A500, A501
Perfis tubulares de seções não cilíndricas	ASTM A53, A500, A501
Telhas em FRP, resinada em Vinilester, com inibidor de raios UV e em cor opaca.	Fiberglass Reinforced Plastic, Fiber

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 9/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

As chapas com espessura igual ou maior que 31,5 mm deverão ser 100% ensaiadas por ultrassom. Essa indicação deverá estar obrigatoriamente no projeto.

O acabamento das grades de piso e expandidas, quando fabricadas em aço carbono, deverá ser feito por galvanização a fogo ou eletrólise.

As especificações dos materiais de parafusos, vigas, colunas etc. devem ser compatíveis entre si, para evitar a formação de pilha galvânica e devem ter resistência estrutural e durabilidade compatíveis com as necessidades do projeto. Os parafusos e porcas dos grampos de fixação das grades de piso, devem ser galvanizadas conforme ASTM-A153 e/ou eletroliticamente.

4.4 Símbolos e Convenções Estruturais

Os símbolos e convenções estruturais indicados nos desenhos e documentos do projeto deverão estar em conformidade com as normas ABNT vigentes. Sempre que forem utilizados símbolos ou abreviaturas não convencionais ou não normalizados pela ABNT, estes deverão ser indicados nos desenhos e documentos do projeto.

4.5 Sistemas de Unidades

Devem ser usadas, de um modo geral, unidades do Sistema Internacional, exceto onde a tradição de uso ou disponibilidade de mercado, tenha consagrado o uso de outras unidades. Assim, cotas, elevações e dimensões gerais, seguem o padrão métrico, enquanto dimensões nominais de itens como parafusos, barras e chapas, podem ser expressas em unidades inglesas.

DESCRIÇÃO	UNIDADE
Pesos das estruturas	kg
Cargas pontuais	kgf, kN
Cargas distribuídas (lineares)	kgf/m, kN/m
Cargas distribuídas (sobrecargas)	kgf/m ² , kN/m ²
Cargas de momento	kgf x m, kN x m
Dimensões em desenhos e detalhes	mm
Áreas	m ²
Volumes	m ³
Velocidade	m/s
Peso específico de materiais	kgf/m ³ , kN/m ³

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 10/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

5. Requisitos Específicos

5.1 Dimensões

DESCRIÇÃO	UNID.	DIMENSÃO / QUANTIDADE
Comprimento	m	40,00
Largura	m	21,37
Área total de cobertura (área de telha)	m ²	855,00
Inclinação da cobertura	º	10
Pé-direito (do piso ao fundo da tesoura)	m	13,00
Vão da tesoura	m	21,37
Espaçamento da tesoura	m	10,00
Espaçamento dos pilares	m	10,00
Calhas	m	80,00
Área de fechamento lateral	m ²	896,00
Área de fechamento frontal	m ²	528,00
Comprimento total de viga de rolamento	m	80,00
Altura topo do trilho	m	10,00
Comprimento total de linha de vida	m	203,00

5.2 -Materiais

Telhas Metálicas de Cobertura e Tapamento

Telhas metálicas termoacústicas trapezoidais tipo sanduíche com espessura da lâmina superior e inferior galvanizada ou gavalume espessura 0,50 mm pintada na face externa na cor branca (Referência: RAL 9003), e preenchimento em PIR 50mm.

Telhas Translúcidas de Tapamento

Telhas em PRFV (poliéster com aditivo U.V. reforçado em fibra de vidro) FIBERGLASS, pelo processo automático de laminação contínua, conforme Norma ABNT NBR 14115, com véu de poliéster de proteção na face externa, espessura 1,0mm, trapezoidal, altura 40mm, na cor branco leitoso, conforme detalhamento em projeto.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 11/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

Rufos e Calhas

Confeccionados em chapa de aço galvanizado, com espessura de 0,80mm e desenvolvimentos diversos (até 600mm), pintados na face aparente na cor branca (Referência: RAL 9003).

Acessórios de Fixação das Telhas

Parafusos autobrochantes galvanizados eletrolítico com proteção climaseal, com ponta 3 para fixação telha terço e ponta 1 para costura.

Tubos de Descida de Água Pluvial

Serão considerados tubos PVC com diâmetro de 100 mm ou 150 mm a serem determinados por cálculos específicos, nas próximo a cada pilar dos galpões.

Sistema de Linha de Vida

Sistema tipo PROKLINE FREEPASS composto por dispositivos de ancoragem galvanizados a fogo espaçados de 8 a 10m, fixados sobre a telha trapezoidal e estrutura secundária (terço), cabos de aço e acessórios galvanizados a fogo tais como grampos, sapatilhas, esticador, absorvedores de impacto com indicação de uso (Devem ser trocados a cada tração do cabo por queda a cargo do contratante), mosquetão e ponto de ancoragem móvel do sistema freepass (não desconexão do operador).

Deverão ser consideradas linhas de vida no perímetro da cobertura e nas laterais lanternim.

O sistema foi dimensionado para dois operadores por trecho entre dispositivos de ancoragem de extremidade, atendendo a norma NBR 16325:2014 – Parte 2 - Proteção Contra Quedas de altura. Dispositivos de ancoragem – Tipo C.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 12/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

Lanternim

Lanternim alta capacidade tipo IVI instado na cumeeira do galpão, com a estrutura galvanizada a fogo, revestido em telhas trapezoidais galvanizadas ou galvalume, pintadas na RAL9003 espessura mínima de 0,50mm.

O lanternim deverá ter, aproximadamente, 25,0m de comprimento e ser dimensionado para um mínimo de 20 trocas de ar por hora.

Guarda-corpos

Guarda-corpos h=1.100mm, com montantes em tubos diâmetro 1.1/2", barras verticais diâmetro 3/4" e corrimão em tubos diâmetros 1.1/4", em obediência à norma NBR 14718 – Guarda-corpos para Edificação e normas regulamentadoras do Corpo de Bombeiros local, protegidos com sistema de pintura para toda estrutura para grau de agressividade C5 – Muito alta conforme Norma ISO 12944

Portões

Portão não automatizado (manual) com dimensões mínimas de 5.000mm x 5.000mm instalados nos frontais do galpão, conforme indicado nos desenhos de referência, estruturados em perfis laminados e tubos tipo Metalon com espessura mínima de parede de 2,25mm.

Os portões deverão ter revestimento em lambri MSG 18, ou similar e puxador em barra redonda Ø3/4" dobrada e soldada na estrutura do portão.

Os rodízios inferiores e superiores deverão ser apoiados em viga trilhos terão dimensões de 30,0mm x Ø100,0mm em aço SAE-1045 com rolamento interno SKF6206, ou similar;

Caminho de rolamento em chapa de 12,5mm com batente na extremidade, chumbado no piso, em canaleta com largura de 100,0mm e altura de 97,0mm.

5.3 - Carregamentos

As estruturas metálicas deverão ser projetadas para os mais diversos tipos de cargas e deformações que possam surgir e atender aos requisitos mínimos de capacidade resistente,

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 13/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

desempenho em serviço e durabilidade durante sua construção e vida útil, não podendo apresentar danos que comprometam em parte ou totalmente o uso para o qual foi projetada.

O dimensionamento das estruturas próximas às áreas de mina e locais onde ocorrem detonações, deve considerar a influência de pequenos ou moderados abalos sísmicos. Devem ser observados os requisitos constantes na NBR 15421.

Para esta etapa de projeto básico, as estruturas metálicas foram pré-dimensionadas utilizando os carregamentos indicados nos subitens seguintes.

Para a aprovação das estruturas, as cargas atuantes de todas as combinações dividido pelas cargas resistentes de todos os elementos estruturais devem estar abaixo de 1,0.

Cargas Permanentes

Deverão ser consideradas as cargas que sejam efetivamente permanentes, tais como:

- Peso próprio da estrutura;
- Peso das instalações, acessórios e equipamentos permanentes;
- Peso de todos os elementos de construção permanentes suportados pela estrutura, tais como lajes, paredes, telhas de cobertura e fechamento, forros de revestimento, acabamentos, proteções contra fogo, entre outros;
- Peso das tubulações e bandejas;
- Peso da ponte rolante, passarelas e guarda corpos.

O peso próprio da estrutura de concreto deve ser estabelecido a partir de valores de peso específico, conforme determinados na NBR 6118.

Os pesos específicos dos materiais comumente utilizados no projeto de estruturas de obras industriais e os pesos das instalações permanentes e equipamentos fixos podem ser avaliados com base nas tabelas e valores indicados na NBR 6120 ou conforme recomendações do fornecedor.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 14/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

Sobrecargas (Cargas Acidentais)

Na NBR 8800 (sem se limitar) estão indicadas as sobrecargas mínimas que devem ser consideradas, que devem ser avaliadas pela engenharia do projeto levando-se em conta as condições locais de implantação.

As sobrecargas mínimas que deverão ser consideradas, caso não exista indicação mais restritiva, que deverão ser avaliadas pela engenharia do projeto levando-se em conta as condições locais de implantação, conforme a tabela a seguir:

LOCAL	SOBRECARGA (KN/m ²)
Coberturas	0,25
Passadiço ao longo das vigas de rolamento	3,00
Escadas	3,00

Ponte Rolante

As estruturas que suportam pontes rolantes devem ser dimensionadas considerando-se as forças verticais, horizontais transversais e horizontais longitudinais conforme prescrições da NBR 8800.

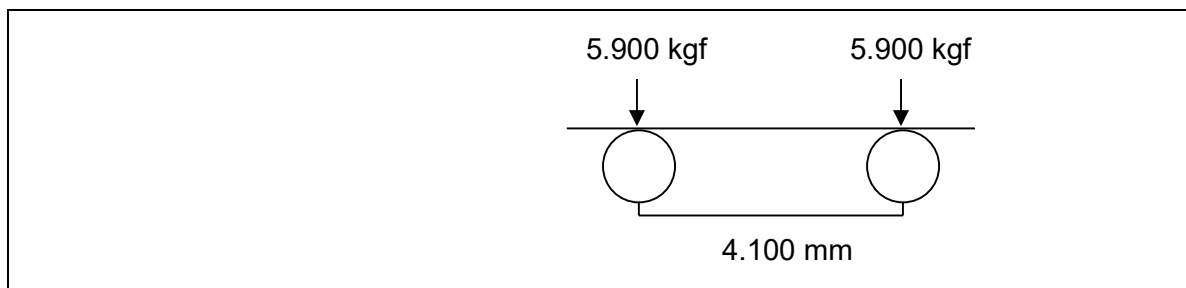
A força devido ao choque da ponte rolante contra os batentes deve atender à recomendação da AIST - Association for Iron and Steel Technology - Technical Report nº 6. A recomendação do fabricante poderá ser aceita desde que mais restritiva que a norma citada.

Para os casos de galpões de uma nave em que houver mais de uma ponte rolante sobre o mesmo caminho de rolamento e galpões de duas ou mais naves com ponte rolante, devem ser adotados, para o cálculo e o dimensionamento, os procedimentos previstos na NBR 8800.

Deverá ser considerada 01 (uma) ponte rolante com capacidade nominal de 5,0t, conforme dados a seguir:

• Ponte	• Topo do trilho: 10,00 mm
• Capacidade Nominal: 5,0 t	• Carga Máxima Roda: 5,90 t
• Vão: 20.000,0 mm	• Trilho: Barra Quadrada 2"
• Distância entre rodas: 4.100 mm	• Fadiga: NA

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 15/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1



Ação do Vento

Para análise e definição dos esforços do vento, deverão ser seguidos os parâmetros da NBR 6123.

Para este projeto, deverão ser considerados os seguintes critérios:

- Velocidade básica do vento: $V_0 = 33\text{m/s}$;
- Fator topográfico (S_1) = 1,0 (terrenos planos ou francamente acidentados);
- Categoria de rugosidade do terreno: Categoria III/IV;
- - Fator estatístico (S_3) = 1,0 (Edificações para residências, hotéis, comércio, indústrias).

Ação da Temperatura

Em estruturas hiperestáticas, os esforços devido a variação de temperatura deverão ser considerados de acordo com as condições climáticas do local.

Para o município Araxá, Estado de Minas Gerais, tem-se os seguintes parâmetros de temperatura para os últimos 12 meses.

Temperatura no ano de 2025

	Janeiro	Fevereiro	março	abril	maio	junho	Julho	Agosto	Setembro	outubro	Novem- bro	Dezembro
Temperatura média °C	22	22.2	21.6	20.8	18.8	18	18	19.7	21.7	22.5	21.4	21.7
Temp. mín. °C	18.5	18.5	18.1	16.9	14.3	13.2	12.9	14.2	16.4	18	18	18.4
Temperatura máx. °C	26.2	26.6	25.9	25.4	23.9	23.2	23.5	25.6	27.5	27.7	25.8	26
Precipitação / Chuva mm	218	144	152	54	32	11	8	13	48	91	179	235
Umidade(%)	77%	75%	78%	72%	68%	65%	60%	51%	52%	60%	76%	79%
Dias chuvosos (d)	15	12	14	7	4	2	1	2	5	9	15	17
Média de horas de sol (horas)	8.6	8.9	8.0	8.3	8.3	8.6	9.0	9.8	9.8	9.6	7.9	8.1

Fonte: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/araxa-24937/> $\Delta t = \pm 15^\circ\text{C}$.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 16/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

5.4- Combinações de Carregamento

Deverá ser utilizado no dimensionamento de acordo com a NBR 8800 e considerado conforme as combinações que considerem todas as hipóteses de trabalho da estrutura.

Na memória de cálculo será justificado o uso da norma brasileira para o dimensionamento ou será dimensionada para AISC.

5.5- Pontos de Ancoragem de Linha de Vida

A previsão dos pontos de ancoragem nas estruturas deverá ser planejada conforme distribuição das linhas de vida nas diversas áreas de cada edificação, seguindo o layout da cobertura.

Atendendo à norma NBR 14626, neste projeto, cada ponto de ancoragem deverá suportar pelo menos 15 kN no seu ponto mais desfavorável. Deverão ser utilizados, entre o cabo de aço e os pontos de ancoragem da linha de vida, absorvedores de energia certificados que garantam que a carga máxima transmitida a estes não exceda 15 kN. Os esforços decorrentes da linha de vida deverão ser considerados explicitamente no modelo estrutural

Os sistemas de linha de vida serão especificados nos desenhos de projeto como um item cujo fornecimento será de responsabilidade do montador das estruturas, mas que possa ser terceirizado desde que atenda, no mínimo, aos requisitos estabelecidos neste critério, nas Normas da ABNT e das Normas regulamentadoras oficiais.

Os tipos de linha de vida disponíveis no mercado são diversos e diferem significativamente em design e aplicação. Por isso, para cada uso específico, o fornecedor do sistema levará em conta, além das características de segurança, funções, manuseio e facilidade de uso, questões como durabilidade e custos de manutenção. O projeto final e o fornecimento deverão ser feitos por empresa especializada em proteção contra quedas em linha de vida, utilizando os pontos de ancoragem previstos no projeto estrutural.

5.6- Quadro de Cargas

As reações serão apresentadas separadas por grupos de carregamento, com seus valores característicos, nos quadros de cargas da disciplina Estrutura Metálica. Ou seja: as cargas serão apresentadas sem majoração e/ou combinação das ações.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 17/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

6. Dimensionamento

6.1- Cuidados para Evitar a Corrosão Prematura das Estruturas

As estruturas metálicas devem ser projetadas de modo a não permitir que a corrosão possa se estabelecer em locais específicos mais suscetíveis ao ataque de corrosão, principalmente em componentes de ligações e conexões de partes da estrutura e, na sequência, se espalhar para outras partes da estrutura.

Para isso, devem ser observados os cuidados recomendados na NBR 8800 e NBR 14643.

6.2- Coeficiente de Aproveitamento

No dimensionamento das estruturas, o coeficiente de aproveitamento dos elementos estruturais principais deverá ser tal que a relação entre as solicitações atuantes de dimensionamento, em sua condição mais crítica, e as solicitações limites seja de, no mínimo, 0,95, respeitando-se os limites de deformação globais da estrutura estabelecidos em norma.

Se forem utilizados agrupamentos de elementos no dimensionamento visando à padronização de perfis, o limite acima mencionado deverá ser levado em conta somente para o elemento mais solicitado do grupo, sendo que para os demais poderão ser obtidas relações menores do que 0,95, desde que não sejam inferiores a 0,70. Nos casos em que esses limites sejam extrapolados, deverão estar registradas as justificativas, sejam elas decorrentes de deslocamentos próximos aos limites estabelecidos em norma ou de limitações decorrentes da análise de estabilidade global da estrutura.

7. Deformações Máximas Admissíveis

7.1- Deformações Verticais e Horizontais

Os principais elementos estruturais e as deformações horizontais e verticais máximas admissíveis necessitam Estudos e estarem alinhados conforme indica a tabela de Deslocamentos máximos Norma NBR 8800.

Para esta etapa de projeto básico, as estruturas metálicas deverão ser pré-dimensionadas utilizando as deformações indicados nos subitens seguintes.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 18/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

7.1.1-Deformações Verticais

A tabela abaixo apresenta os principais elementos estruturais e as deformações verticais máximas admissíveis.

Elementos Estruturais e Deformação Vertical Máxima

DESCRIÇÃO	RELAÇÃO
Vigas de cobertura	$L/250$
Vigas de passadiço	$L/350$
Vigas de rolamento para pontes rolantes capacidade nominal < 20tf	$L/750$
Terças	$L/180$

Notas:

1. L representa o vão livre da peça ou o dobro do comprimento do balanço.
2. As flechas de vigas de rolamento deverão ser calculadas excluindo-se o coeficiente de impacto vertical.
3. As vigas de piso e de cobertura que suportarem equipamentos cujas características operacionais sejam incompatíveis com as deformações acima deverão ter as flechas admissíveis reduzidas.

7.1.2- Deformações Horizontais

A tabela abaixo apresenta os principais elementos estruturais e as deformações horizontais máximas admissíveis.

Elementos Estruturais e Deformação Horizontal Máxima

DESCRIÇÃO	RELAÇÃO
Vigas de rolamento	$L/750$
Colunas, no nível da cobertura.	$H/300$ - Carga da ponte rolante ou vento
Colunas, no nível do topo do trilho	$H/500$ - Carga da ponte rolante ou vento
Travessas de fechamento	$L/180$

Notas:

1. L representa o vão livre da peça ou o dobro do comprimento do balanço;
2. H é a altura total da coluna (do topo à base) ou a distância do nível da viga de rolamento à base;
3. O diferencial do deslocamento horizontal entre pilares do pórtico que suportam as vigas de rolamento não poderá ser superior a 15 mm;
4. Considerar apenas o deslocamento devido às forças cortantes no andar considerado;
5. Deslocamento perpendicular ao plano do fechamento;
6. Considerar apenas variáveis perpendiculares ao plano de fechamento (vento no fechamento);
7. Para os casos não previstos, deverão ser utilizados os deslocamentos admissíveis previstos nas normas/especificações técnicas;
8. Caso as recomendações dos fabricantes dos equipamentos sejam mais rigorosas, estas deverão ser consideradas em detrimento das apresentadas;

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 19/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

8. Estruturas e Elementos Estruturais

8.1- Estabilidade Transversal

Os pórticos transversais, simples ou múltiplos, serão preferencialmente projetados com colunas engastadas nas bases desde que as condições do terreno não onerem sobremaneira as fundações.

8.2- Estabilidade Longitudinal

A estabilidade longitudinal deverá ser conferida à estrutura por meio de contraventamentos nos planos da cobertura e nos eixos longitudinais. Deverão ser usados, sempre que possível, contraventamentos em “X” com os membros trabalhando à tração.

A distância total entre os furos das duas extremidades de cada peça deverá ser reduzida em função do comprimento da mesma, para se conferir a efetividade de protensão, como indicado na tabela abaixo:

Redução da distância entre furos

COMPRIMENTO DA PEÇA (L_p)	REDUÇÃO
$L_p \leq 3000$	Reduzir 1 mm
$3000 \leq L_p \leq 6000$	Reduzir 2 mm
$6000 \leq L_p \leq 10000$	Reduzir 3 mm

Havendo previsão de passagem no vão contraventado, deverão ser empregados outros tipos de contraventamento, como os treliçados ou quadro em alma cheia.

8.3- Esbeltez Limite

A esbeltez limite a ser aplicada deverá estar em conformidade com os critérios abaixo:

- Barras tracionadas: $\lambda \leq 300$. Não se aplica a barras redondas ou outras barras pré-tensionadas;
- Barras comprimidas: $\lambda \leq 200$.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 20/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

8.4- Viga de Rolamento

As cargas longitudinais são as decorrentes da aceleração ou frenagem da ponte rolante e seu choque contra os batentes. As cargas transversais são as decorrentes da aceleração ou frenagem do trole e da excentricidade na elevação e balanço da carga movimentada.

De acordo com a NBR 8800, a força devido ao choque da ponte rolante com o batente deve ser informada pelo fabricante que também, deve especificar e, se possível, fornecer o batente.

Para a determinação dos carregamentos a serem impostos às vigas de rolamento, devem ser consideradas as definições apresentadas no item “Carregamentos - Pontes Rolantes”.

As verificações devido à fadiga devem estar em conformidade com o AISC - Specification for Structural Steel Buildings. Os apoios verticais e as ligações laterais da viga de rolamento devem

sempre permitir a rotação da viga nos apoios decorrentes da flexão provocada pelo peso próprio e pela passagem da ponte rolante.

Os sistemas de segurança das pontes rolantes devem atender ao disposto pelo fabricante.

8.5- Corrimão, Guarda-corpo e Escadas

O projeto das estruturas para corrimão, guarda-corpo e escadas deve estar em conformidade com as normas regulamentadoras NR 12, NR 18, NR22 e NR 35 – Trabalhos em Altura.

Os detalhes para fixação devem ser estudados na elaboração do projeto de detalhamento.

8.6- Escadas Marinheiro

As escadas tipo marinheiro, devem ser usadas para acesso à cobertura e à passarela de manutenção da ponte rolante. O projeto das estruturas dessas escadas deve estar em conformidade com as normas regulamentadoras NR 12, NR 18, NR 22 e NR 35 – Trabalho em Altura.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 21/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

8.7- Pisos

O material aplicado no piso das estruturas metálicas deve atender às especificações do projeto quanto à segurança e operação da área. As chapas poderão ser fixadas também com sistemas alternativos que não utilizem solda (devendo ser analisado previamente pela Engenharia de Projetos e Segurança do Trabalho), desde que agreguem em segurança, qualidade, produtividade e tenham performance adequada em áreas sujeitas a vibrações.

Os pisos devem atender às especificações das normas regulamentadoras NR 8 e NR 18.

8.8- Espessuras e Diâmetros Mínimos

As espessuras mínimas indicadas na tabela abaixo deverão ser respeitadas.

Espessura Mínima de Peças Metálicas

ELEMENTOS	ESPESSURA MÍNIMA
Perfis soldados	6,35 mm
Perfis laminados	4,80 mm
Chapas de ligação/enrijecedores	6,35 mm
Cantoneiras	4,80 mm
Placas de base	16,0 mm
Chumbadores	Ø 5/8"
Tirantes	Ø 1/2"
Parafusos	Ø 5/8"
Chapas de piso	6,35 mm
Chapas para perfis dobrados a frio	2,0 mm
Cordões de solda	3,0 mm

8.9- Estruturas de Alma Cheia e Treliçadas

Deverão ser utilizadas, preferencialmente, estruturas de alma cheia.

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 22/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

8.10- Ligações

8.10.1- Ligações Parafusadas

As ligações de campo deverão ser prioritariamente parafusadas.

Para os elementos estruturais os parafusos devem ser de alta resistência mecânica conforme ASTM A325, fabricados em aço médio carbono, temperado e revenido com roscas parciais incluídas no plano de corte conforme ASME B 1.1-2ª.

As dimensões dos parafusos devem estar em acordo com a norma ANSI B18.21, ASTM A325 e AISC A490.

Se necessário, parafusos para atrito devem ser utilizados para estruturas sujeitas a reversão de esforços, severas flutuações de tensões ou onde o deslizamento das peças for indesejável.

Para as ligações secundárias, recomenda-se a utilização de parafusos ASTM A307.

As porcas deverão ser fabricadas em aço médio carbono ASTM A563 Gr. DH-UNC 684, temperado e revenido, rosca UNC conforme ANSI B1.1-2B e dimensões conforme ANSI B18.2.2.

As conexões projetadas deverão ser equivalentes às conexões padronizadas pelo AISC.

Em tesouras, treliças e contraventamentos que forem dimensionados pelo índice de esbeltes e não possuírem seus esforços indicados, a conexão deverá possuir minimamente 75% da resistência à tração da peça utilizada e, não inferior a 3 toneladas.

As conexões de extremidades das vigas deverão possuir uma capacidade mínima de 75% da carga total uniformemente distribuída, segundo tabelas de “Cargas Permissíveis em Vigas” do AISC, exceto quando indicado em contrário nos desenhos de projeto.

8.10.1- Ligações Soldadas

Em última instância, se necessário, a solda de campo é permitida, desde que seja previsto partes auxiliares que facilitem o alinhamento das soldas. Todas as soldas deverão obedecer às especificações da AWS D1.1.

A dimensão mínima para solda de filete é de 5 mm, exceto soldas não estruturais. A dimensão máxima de filete deve ser igual a espessura da chapa mais fina a ser soldada, desde que o filete não ultrapasse 10 mm. Para esses casos, a solda deve ser por penetração. O projeto detalhado deverá indicar a localização, tipo, comprimento e demais dimensões das soldas. As soldas de

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 23/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

responsabilidade devem ser submetidas a testes e inspeções, independentemente, se descrito ou não no Plano de Inspeção e Testes (Quality & Inspection Plan).

As juntas de topo devem ser realizadas por penetração completa, onde se faz necessário a utilização de chanfro duplo, simples ou de cobre-junta, respeitando as dimensões das peças e a posição da junta. No caso de juntas com características particulares e não enquadradas na simbologia padronizada, o projeto deverá mostrar os respectivos detalhes ampliados nos desenhos e, indicar as dimensões dos chanfros e das soldas.

As juntas sujeitas a fadiga devem receber especial cuidado no esmerilhamento ou arredondamento, de modo a evitar a concentração de tensões. As terminações de solda devem ser estar realizadas conforme a norma, de modo a se evitar o início de trincas.

8.11- Cobertura e Tapamento

Deverão ser utilizadas telhas translúcidas nos tapamentos frontais e laterais conforme orientação dos desenhos de referência.

9. Proteção Anticorrosiva

O tratamento superficial das estruturas metálicas deverá atender à classe de agressividade do ambiente (C5-MA) de acordo com a ISO 12944, incluindo jateamento SA 2 1/2 e aplicação de sistema de pintura.

10. Inspeção e Testes

Deverá ser elaborado um Plano de Inspeção e Testes (PIT), contemplando todas as etapas relevantes do processo produtivo e de controle da qualidade. O documento deverá servir como referência para o acompanhamento das atividades de fabricação, montagem e verificação dos componentes estruturais.

O PIT deverá abranger, no mínimo, as atividades relacionadas ao recebimento e inspeção de matérias-primas, rastreabilidade dos materiais, fabricação, soldagem, preparação de superfície, aplicação de revestimentos, pré-montagem, montagem, inspeções dimensionais, ensaios e testes

 	Centro de Pesquisa em Processamento Mineral e Hidrometalurgia ST George/ CEFET MG	
TÍTULO Descritivo de projeto conceitual de estrutura metálica	Nº DOCUMENTO – ST George CDP-EM-0407-ET-REV01	PÁGINA 24/24
	ESPECIFICAÇÃO PARA CONSTRUÇÃO - ESTRUTURAS METÁLICA	REV. 1

aplicáveis. Quando necessário, poderão ser definidos pontos de acompanhamento e liberação das etapas críticas do processo.

Todos os materiais, componentes, equipamentos, projetos executivos e serviços empregados na fabricação e montagem da estrutura metálica estarão sujeitos a inspeções, verificações e testes, em conformidade com os requisitos estabelecidos pelas normas técnicas aplicáveis, especificações de projeto e procedimentos de qualidade adotados.

Recomenda-se o registro documental das principais etapas de fabricação e montagem, incluindo relatórios de inspeção, certificados de materiais, laudos de ensaios e registros fotográficos, de forma a assegurar a rastreabilidade e comprovação da qualidade dos serviços executados.

Para sistemas de automação, controle ou monitoramento eventualmente integrados à estrutura, deverão ser previstos e documentados os testes de funcionamento.

Sempre que forem necessários ensaios ou verificações complementares, estes deverão ser realizados de acordo com procedimentos específicos e devidamente registrados em relatórios técnicos.

Componentes ou elementos estruturais que não atenderem aos critérios de aceitação definidos nas normas técnicas, especificações de projeto ou procedimentos de inspeção deverão ser submetidos às ações corretivas necessárias, incluindo reparo, substituição ou refabricação, conforme avaliação técnica e registros correspondentes.

11. Memória de Cálculo

As memórias de cálculo apresentam o pré-dimensionamento informações de carregamentos conforme descrito neste critério de projeto, as de referência e premissas usadas, de forma a facilitar a identificação e origem das estimativas.