MANUAL

EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS

2020

PlanMetal

Estruturas Metálicas

MANUAL:
EXECUÇÃO DE
ESTRUTURAS METÁLICAS

PlanMetal
Estruturas Metálicas

PlanMetal
Manual de Execução de Estruturas Metálicas
1ª Edição - São Paulo, Novembro de 2020

Manual de Execução de Estruturas Metálicas
Copyright PlanMetal
Todos os direitos de reprodução reservados pela Empresa PlanMetal

Direção de Manual Técnico: Paulo Ehrenberger Machado
Coordenação de Projeto Gráfico: Walquiria Santos
Organização e Produção: Walquiria Santos
Fotografia: Vicente Sisla Zeron
Revisão: Paulo Ehrenberger Machado; Michael Mello.

PLANMETAL ESTRUTURAS METÁLICAS LTDA
Escritório:
Av. Brigadeiro Faria Lima, 2631. Cj.306-307 - Jardim Paulistano, São Paulo
CEP: 01452-903 Tel.: (11)3326-2636
Fábrica:
Rod. Edgar Máximo Zambotto, km57 - Jd. Guanciale, Campo Limpo Paulista
CEP: 13236-010 Tel.: (11)4038-1833
Email:
contato@planmetal.com.br
Site:
www.planmetal.com.br

ÍNDICE

PlanMetal
Estruturas Metálicas

SEÇÃO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO
1.2 OBJETIVOS
1.3 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

SEÇÃO 2 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)
2.2 SUPRIMENTO
2.3 EQUIPAMENTOS DE MANUSEIO
2.4 CORTES
2.4.1 CORTE MECÂNICO
2.4.2 CORTE TÉRMICO
2.5 INSTRUMENTOS
2.6 EXECUÇÃO DE GABARITOS
2.7 TRAÇAGEM
2.8 OPERAÇÕES DE USINAGEM
2.8.1 FURAÇÃO
2.8.2 DESEMPENHO, DOBRAMENTO E CALANDRAGEM
2.8.3 AJUSTE E ALARGAMENTO DE FUROS
2.8.4MÉTODOS DE FIXAÇÃO
2.8.4.1 PARAFUSAGEM
2.8.4.2 SOLDAGEM
2.8.5 ACABAMENTO
2.9 CONTROLE DE QUALIDADE DE FABRICAÇÃO
2.10 LIMPEZA
2.11 JATEAMENTO E PINTURA DE FÁBRICA
2.12 EMBARQUE

SEÇÃO 3 - PROCESSO DE MONTAGEM

3.1 DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA
3.1.1 PROJETO ESTRUTURAL EXECUTIVO
3.1.2 PROJETO DE DETALHAMENTO
3.1.3 DIAGRAMAS DE MONTAGEM
3.1.4 LISTA DE MATERIAIS
3.1.5 LISTA MESTRA
3.1.6 ROMANEIO DE EMBARQUE
3.1.7 CRONOGRAMA
3.1.8 PLANEJAMENTO DE MONTAGEM
3.1.9 PLANO DE RIGGING
3.1.10 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)
3.1.11 DIÁRIO DE OBRAS
3.2 CANTEIRO DE OBRAS
3.2.1 REQUISITOS INICIAIS
3.2.2 INFRAESTRUTURA BÁSICA
3.2.3 EQUIPAMENTOS
3.2.4 INSTRUMENTOS
3.3 MEIO AMBIENTE
3.4 SEGURANÇA
3.4.1 RISCOS
3.4.2 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)
3.4.3 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVA (EPC)
3.4.4 PROGRAMAS DE SAÚDE E PREVENÇÃO DE RISCOS
3.4.4.1 PPRA
3.4.4.2 PCMSO
3.4.4.3 APR
3.5 RECEBIMENTO DOS MATERIAIS
3.5.1 CONFERÊNCIA
3.5.2 DESCARGA
3.5.3 ESTOCAGEM
3.6 LOCAÇÃO
3.7 MONTAGEM
3.7.1 PILARES
3.7.1.1 EPIs
3.7.1.2 EQUIPAMENTOS
3.7.1.3 INSTRUMENTOS
3.7.1.4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA
3.7.1.5 INSPEÇÃO
3.7.2 VIGAS
3.7.2.1 EPIs
3.7.2.2 EQUIPAMENTOS
3.7.2.3 INSTRUMENTOS
3.7.2.4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA
3.7.2.5 INSPEÇÃO
3.7.3 TRAVAMENTOS
3.7.3.1 EPIs
3.7.3.2 EQUIPAMENTOS
3.7.3.3 INSTRUMENTOS
3.7.3.4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA
3.7.4 COBERTURAS
3.7.4.1 EPIs
3.7.4.2 EQUIPAMENTOS
3.7.4.3 INSTRUMENTOS
3.7.4.4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA
3.8 PINTURA
3.9 DESMOBILIZAÇÃO DO CANTEIRO
3.10 CONTROLE DE QUALIDADE
3.10.1 TORQUEAMENTO DE PARAFUSOS
3.10.2 ARRANCAMENTO DE CHUMBADORES
3.10.3 ENSAIOS DE SOLDA
3.10.3.1 ENSAIO VISUAL
3.10.3.2 LÍQUIDO PENETRANTE
3.10.3.3 ADERÊNCIA DE PINTURA
3.10.3.4 MEDIÇÃO DE PELÍCULA SECA
3.11 MANUTENÇÃO
3.11.1 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS
3.11.2 FALHAS FREQUENTEMENTE ENCONTRADAS
3.11.3 NBR 14037 - MANUAL DE USO CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS EDIFICAÇÕES
3.12 CONCLUSÕES
ANEXOS

PlanMetal
Estruturas Metálicas

SEÇÃO 1

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 INTRODUÇÃO

A PlanMetal está no mercado da construção civil há mais de 28 anos, atuando com transparência e qualidade no desenvolvimento de projetos e seus detalhamentos, fabricação, montagem e manutenção dos mais variados tipos de estruturas metálicas e suas interfaces, compreendendo, entre outros:

- Estruturas para edifícios, residências, comércios e indústrias;
- Coberturas, marquises e pergolados;
- Mezaninos, passarelas, escadas;
- Galpões, ginásios, pipe racks;
- Fachadas, empenas de edifícios;
- Helipontos, coroamentos, estruturas auxiliares;
- Restauros, retrofits, reforços estruturais;
- Torres, plataformas, obras especiais;

Os diferentes trabalhos realizados com o aço e os anos de experiência acumulados resultaram no completo entendimento das principais fases de execução e montagem de uma estrutura metálica, e estas serão apresentadas de forma simples e pragmática neste manual.

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste manual é descrever passo a passo todas as etapas, procedimentos apropriados e instrumentos necessários para a execução (fabricação e montagem) de uma estrutura metálica de forma correta, segura e padronizada, a fim de prover rapidez e qualidade à obra, sempre respeitando os prazos assumidos e os requisitos abordados nas atuais normas técnicas brasileiras.

1.3 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para a produção deste manual foram utilizadas prescrições de diversas normas que, quando da produção deste material, constituíam-se nas edições vigentes. Recomenda-se que aqueles que fizerem uso deste manual tenham isto em conta, e verifiquem a adequação de utilizar edições mais recentes. A referências consultadas estão listadas a seguir.

NORMAS BRASILEIRAS

ABNT NBR 8800:2008 - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios;
ABNT NBR 14762:2010 - Dimensionamento de Estruturas de Aço Constituídas por Perfis Formados a Frio – Procedimento;

PlanMetal
Estruturas Metálicas

ABNT NBR 14513:2008 - Telhas de Aço Revestido de Seção Ondulada;
NBR 7007:2016 - Aço-carbono e Microligados para Barras e Perfis Laminados a Quente para Uso Estrutural - Requisitos;
NBR 5884:2013 - Perfil I Estrutural de Aço Soldado por Arco Elétrico;
ABNT NBR 6215:2011 - Produtos Siderúrgicos - Terminologia;
NR 6 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - EPI;
NR 9 - PROGRAMA DE PREVENÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS;
NR 12 – SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS;
NR 18 - CONDIÇÕES E MEIO AMBIENTE DE TRABALHO NA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO;
NR 35 - TRABALHO EM ALTURA

NORMAS INTERNACIONAIS

AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, AISC (American Institute of Steel Construction), July 7, 2016;
AISC Manual of Steel Construction—The AISC Manual of Steel Construction, 15th Edition;
AISC Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges, AISC (American Institute of Steel Construction), March 18, 2005;
AISC Manual of Steel Construction—The AISC Manual of Steel Construction, 13th Edition AISC Specification—The AISC Specification for Structural Steel Buildings, March 9, 2005;
AASHTO Specification – The 2017 AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 8th Edition, with interims, or the 2002 AASHTO Standard Specifications for Highway Bridges, 17th Edition, with interims;
ASTM A6/A6M-05a – Standards Specification for General Requirements for Rolled Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling
ASTM A36 - Standard Specification for Carbon Structural Steel;
AWS B1.11:2000 - Guide for the Visual Examination of Welds;
AWS D1.1/D1.1M:2006 - Structural Welding Code – Steel;
SSPC SP2 – Surface Preparation Specification No.2, Hand Tool Cleaning, 2004;
SSPC SP6 – Surface Preparation Specification No.6, Commercial Blast Cleaning, 2004

MANUAIS

Manual de Construção em Aço - Transporte e Montagem. CBCA
Execução de Estruturas de Aço - Práticas Recomendadas. ABECE, ABCEM e CBCA
Manual Técnico - Telhas de Aço. ABCEM
Manual de Operação e Segurança - Andaime Tubular. Locatec

PRODUÇÕES ACADÊMICAS

GUARNIER, Christiane Roberta Fernandes. Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas. 2009. 399 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Civil, área de concentração: Construção Metálica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

SÍTIOS INTERNET

CIMM - Centro de Informação Metal Mecânica
<https://www.cimm.com.br/portal/>
INBEP Blog
<http://blog.inbep.com.br>
Portal Met@lica Construção Civil
<http://www.metalica.com.br>

1
PlanMetal
Estruturas Metálicas

SEÇÃO 2

PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Diferentemente de fábricas de produção seriada, uma fábrica de estruturas metálicas tem a característica de ser relativamente simples e permitir grande flexibilidade em seu processo de fabricação, podendo realizar simultaneamente uma série de operações específicas, de acordo com a necessidade requerida.
Na fábrica da PlanMetal, os componentes estruturais são produzidos segundo um processo industrializado, que se caracteriza pela mecanização e racionalização, com ganhos de produtividade, prazos, custos e menor desperdício de materiais.
O controle e a periódica manutenção dos equipamentos, instrumentos e dispositivos que são frequentemente utilizados são condições básicas para a eficiência do processo de fabricação.
A sequência de fabricação é resumida nas seguintes etapas:

2.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP)

A etapa de PCP (Planejamento e Controle da Produção) está intrinsecamente relacionada à logística do processo de fabricação e à otimização dos recursos da fábrica.

O PCP é o responsável por definir o fluxo de fabricação, envolvendo estudos de métodos e processos, bem como gabaritos, programas para máquinas CNC e documentação pertinente aos processos, sendo observados os aspectos técnicos, de normalização, da qualidade, da racionalização do processo fabril, dos componentes e da matéria-prima.

2.2 SUPRIMENTO

O aço, os consumíveis de soldagem, as tintas e os demais materiais são comprados de acordo com as listas de compras produzidas pelos projetistas ou responsáveis do departamento de compras.

Quando o material chega à fábrica, este deve ser conferido de acordo com a lista previamente definida, identificado e, por fim, separado para um trabalho ou estoque específico.

Os consumíveis de soldagem, quando estocados, devem ser mantidos em condições controladas de temperatura e umidade.

2.3 EQUIPAMENTOS DE MANUSEIO

Serão citados aqui os principais equipamentos utilizados pela PlanMetal na fabricação das peças em suas instalações.

2

PlanMetal
Estruturas Metálicas

Todo equipamento deve estar com uma condição adequada de uso e livre de sujeiras. É recomendável, sempre que possível, possuir mais de um equipamento de cada tipo, para que, quando da falha de um, exista outro de reserva, de modo a evitar eventuais atrasos ou paralisação dos serviços.

É importante ressaltar que a utilização dos equipamentos depende bastante do fabricante, dos elementos, das especificações e do tipo de serviço a ser executado.
As informações contidas aqui referem-se ao uso geral, empregabilidade e funcionalidade dos respectivos equipamentos utilizados em fábrica para manusear o material, listados a seguir:

PONTES ROLANTES

Utilizadas no manuseio das peças produzidas, são máquinas de elevação do tipo guindaste de ponte, tendo seu projeto e construção regulamentado pela norma ABNT NBR 8400 - Cálculo de Equipamentos para Elevação e Movimentação de Carga, de 1984 e revisada em 1987. São adequadas para várias situações e deixam o piso da fábrica livre de interferências.

EMPILHADEIRAS

Máquina utilizada para carregar e descarregar mercadorias em paletes, principalmente. Estão disponíveis em diversos tipos e modelos no mercado, como: elétrica, manuais, a combustão e portuárias. Também podem aumentar sua capacidade e adequação a trabalhos específicos por meio de acessórios.

GUINCHOS SOBRE RODAS

Equipamento hidráulico de fácil manuseio utilizado para içamento e transporte de peças

2.4 CORTES

Quando os materiais comprados possuem comprimento maior do que o necessário para o processo de fabricação que estão envolvidos, devem ser cortados.

Na fábrica da PlanMetal, os processos de corte do aço estão divididos em duas categorias principais, mecânicos ou térmicos. A escolha do processo de corte depende da etapa de fabricação, complexidade do trabalho e do tipo de material a ser utilizado.

Os equipamentos utilizados em fábrica para cortar o material estão listados a seguir, de acordo com sua categoria:

PlanMetal
Estruturas Metálicas

2.4.1 CORTE MECÂNICO

Na fábrica da PlanMetal, os equipamentos mais utilizados para se efetuar o corte mecânico das peças de aço de até 25 mm são as serras rotativas, as guilhotinas e as tesouras. As serras são utilizadas em cortes de perfis, apresentando bom acabamento nas extremidades. As guilhotinas se aplicam ao corte de chapas em vários ângulos, as cantoneiras por máquinas similares, capazes de cortar as duas abas ao mesmo tempo. As tesouras são usadas no corte de chapas empregadas na fabricação de perfis formados a frio.

Os equipamentos citados estão listado a seguir:

TESOURA

A Tesoura utilizada para cortes em chapa metálica fina, com espessura até 1mm, se torna essencial para o melhor desenvolvimento de muitos serviços relacionados ao processo de fabricação e montagem de calhas e rufos.

SERRA ROTATIVA

A Serra Rotativa possui a função de cortar as estruturas metálicas nas dimensões desejadas, de acordo com projeto de fabricação anteriormente especificado por um projetista especializado.

A serra rotativa e as esmerilhadeiras possuem funções similares, sendo a primeira utilizada em fábrica e a segunda em obra, devido à facilidade do manejo e do transporte.

SERRA DE FITA

As serras de fita tem como objetivo realizar cortes transversais em perfis metálicos visando alta produtividade e redução de custos. Consiste em uma fita de serra que realiza movimentos constantes em um ciclo. O perfil metálico é fixado em uma morsa e um atuador hidráulico realiza a força de corte verticalmente - com fluído refrigerante - em velocidades de corte que vão de 15 a 100m/min. A unidade disponível na fábrica da PlanMetal possui opcionais como levantamento hidráulico de basculante e alimentação automática de material.

GUILHOTINA

A guilhotina é uma das ferramentas utilizadas para se realizar cortes a frio em chapas de metal. Diferentemente de lâminas tradicionais, a guilhotina possui lâminas de bordas quadradas que garantem maior resistência e durabilidade ao instrumento de corte e possui, como consequência, maior força para o corte de chapas metálicas.

Há diferentes tipos de guilhotinas disponíveis, que vão desde pequenas unidades portáteis até grandes modelos de piso, e enquanto algumas unidades são projetadas para cortar apenas linhas retas, outras podem fazer cortes angulares ou em curva também.

As guilhotinas para chapas metálicas podem ser pneumáticas ou elétricas para proporcionar maior resistência e potência no corte de metais mais grossos ou mais duros.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

2.4.2 CORTE TÉRMICO

Na fábrica da PlanMetal, os tipos de corte térmico empregados na fabricação de estruturas metálicas são o corte a chama, o corte a plasma e o corte a laser. Nesta categoria, o maçarico a gás é utilizado para cortar materiais metálicos de espessura ou tamanho acima da capacidade de diversas outras máquinas, além de peças curvas ou de geometria complexa.

OXICORTE

O processo de corte a chama empregado na fábrica da PlanMetal é conhecido por oxicorte. Este método utiliza o calor e uma violenta reação de oxidação com o oxigênio puro para cortar os metais desejados, sendo assim, funciona apenas para os metais de alta reatividade com o oxigênio, como é o caso do aço.

O corte do aço por oxicorte, portanto, consiste da aplicação de uma chama de aquecimento até o mesmo atingir seu ponto de ignição. Quando na temperatura pretendida, ocorre a aplicação de um jato de oxigênio na área aquecida resultando na formação de óxidos líquidos no metal. A velocidade mecânica do jato de oxigênio puro promove a remoção deste metal líquido formado, separando, assim, a base metálica em duas partes. Esta reação é exotérmica e gera o calor necessário para sustentar a sequência do processo.

CORTE A PLASMA

O plasma é conhecido como o 4º estado da matéria e pode ser obtido através do aumento do nível de energia de uma matéria que se encontra em estado gasoso. Desta forma, o processo de corte de metais a plasma utiliza um arco transferido confinado, onde é estabelecida uma corrente direta, na qual o eletrodo é conectado ao pólo negativo e a peça que se deseja cortar, no positivo.

O feixe de plasma é gerado a partir de uma descarga de alta voltagem que proporciona o aumento do nível de energia dos gases do sistema (normalmente argônio e oxigênio) e os transforma em gás plasma. Este gás plasma possui força e calor concentrados suficiente para fazer a área atingida do metal alcançar seu ponto de fusão e suas partículas, então fundidas, serem continuamente removidas pelo jato de plasma, produzindo assim, o corte desejado.

CORTE A LASER

O corte a laser é muito utilizado em metal por ser uma opção que traz resultados de alta precisão, qualidade e rendimento.

2.5 INSTRUMENTOS

Faz-se necessária a utilização de alguns instrumentos de trabalho específicos durante as diferentes etapas do processo de fabricação de peças metálicas, a fim de garantir a qualidade final da produção. Os mais utilizados estão listados a seguir:

PlanMetal
Estruturas Metálicas

LIXADEIRA

As lixadeiras servem como niveladoras de superfícies, para corrigir imperfeições como desníveis nos elementos estruturais. Ela é utilizada tanto na fábrica, para esmerilhamento de bordas, como durante a execução da obra. É importante ressaltar o uso correto de EPIs indicados.

INVERSORAS / SOLDA MIG

As inversoras, ou máquinas de solda, desempenham um controle sobre a energia que obtêm da rede elétrica, transformando tensão e corrente para que a solda seja capaz de derreter um material consumível. As máquinas são alimentadas pela rede com uma tensão (V) alta e uma corrente (A) "baixa". As suas principais funções são: transformar a energia de entrada (110V ou 220V) de CA (corrente alternada) para CC (corrente contínua); induzir uma alta corrente de saída através de semicondutores de potência; estabilizar o arco elétrico para uma solda macia e perfeita. Trata-se de um equipamento portátil, o que facilita o uso para trabalhos em altura.

FURADEIRAS

São comumente utilizadas para instalação de chumbadores químicos em estruturas de concreto.

PARAFURADEIRAS

São instrumentos importantes na parte de ligação entre telhas e elementos de cobertura. Deve-se escolher a ferramenta com rotação e torque adequados, a depender do tipo de parafuso. Antes de utilizar a parafusadeira, é importante realizar um teste em uma chapa de espessura igual à da telha, para não forçar demais as arruelas de vedação do parafuso. Após a aplicação, deve-se limpar o local, pois fagulhas ou limalhas podem provocar corrosão.

2.6 EXECUÇÃO DE GABARITOS

Gabaritos são guias ou moldes produzidos em tamanho real para cortes, furos ou dobramentos das peças em suas dimensões exatas, de modo a seguir as especificações do projeto. Podem ser feitos de madeira, papelão ou metal. A execução de gabaritos pode ser dispensada por meio da utilização de máquinas de controle numérico via computador, as chamadas CNC, que realizam cortes e furações automaticamente, com base nos dados de projeto recebidos.

2.7 TRAÇAGEM

O processo de traçagem é responsável por transferir as informações necessárias para a confecção das peças diretamente sobre a superfície da chapa, utilizando giz/marcadores, trena, esquadro, martelo, compasso e transferidor.

2.8 OPERAÇÕES DE USINAGEM

A etapa de usinagem envolve a preparação de todos os componentes que irão integrar a estrutura durante sua fabricação e montagem. A preparação destes componentes inclui atividades que requerem cortes, furações, dobramentos, desempenos e ajustes das peças de acordo com as necessidades.

2.8.1 FURAÇÃO

O processo de furação por broca é bastante utilizado na fábrica da PlanMetal. Ele consiste na disposição de 3 linhas de brocas posicionadas automaticamente para efetuar furos de diâmetro de até 40 mm nas abas e alma das vigas.

Outro processo de furação utilizado é o puncionamento. Algumas peças de aço, como chapas e cantoneiras de pequeno comprimento, exigem que a furação seja feita de forma mais detalhada e por isso os furos são puncionados um de cada vez. Entretanto, outras peças permitem um processo de puncionamento simultâneo que garante velocidade de furação maior, neste último, a localização dos furos é determinada por gabaritos de barras e chapas.

2.8.2 DESEMPENAMENTO, DOBRAMENTO E CALANDRAGEM

DESEMPENAMENTO

O desempenamento é uma operação utilizada para endireitar peças metálicas como chapas, perfis e barras. Pode ser realizada a frio ou a quente, tanto por processos manuais quanto mecânicos, visando sempre atender as especificidades e exigências de cada material.

Para o processo manual, podem ser usadas ferramentas (martelos, macetes, marretas etc.), dispositivos de fixação (morsas, grampos etc.) e dispositivos de apoio. Para o mecânico podem ser usadas máquinas como calandras, prensas, etc.

O desempenamento pode ser classificado de acordo com o modo como é executado:

- Desempenamento por flexão;
- Desempenamento por torção;
- Desempenamento por estiramento;
- Desempenamento por chama.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

DOBRAMENTO

O dobramento é uma operação utilizada para transformar uma superfície metálica plana em duas superfícies concorrentes, em ângulo, com raio de concordância na junção. Esta operação é executada através da aplicação de esforços em direções opostas sobre a peça, que resultam na flexão e deformação plástica da mesma.

O dobramento exige atenção quanto ao raio que será empregado na operação, pois cada peça possui um limite a partir do qual a superfície externa do material trinca. Este raio, conhecido por raio mínimo de dobramento, é usualmente expresso em múltiplos da espessura de cada chapa.

CALANDRAGEM

A calandragem de peças metálicas é o processo de conformação em arco que tem como finalidade o encurvamento do material, gerando como resultado uma peça de espessura constante, com suas propriedades químicas e físicas conservadas, boa resistência e acabamento de qualidade.

Este processo ocorre por um processo contínuo, onde os materiais passam por uma calandra através de cilindros super aquecidos e formam estruturas robustas em formatos de cones e tubos metálicos.

2.8.3 AJUSTE E ALARGAMENTO DE FUROS

No caso de ligações parafusadas, nem sempre ocorre um alinhamento entre os furos das peças, de modo que algumas especificações exigem um alargamento dos furos na etapa de fabricação, com o uso de gabaritos metálicos. Também pode ser exigida uma pré-montagem na fábrica, antes da montagem final, a fim de verificar dimensões totais, nível, prumo e esquadros e proceder às devidas correções. Este procedimento impacta no custo de produção, e por isso é mais comum em conexões especiais, como as de peças utilizadas em pontes.

2.8.4 MÉTODOS DE FIXAÇÃO

O método de fixação (ligações) entre duas peças metálicas influencia diretamente no resultado da resistência de uma estrutura. O projetista de construções metálicas deve selecionar, para cada situação, aquele que considerar mais adequado, quando as soluções adotadas não tiverem especificações restritivas.

2.8.4.1 PARAFUSAGEM

A parafusagem é um método de fixação empregado tanto em fábrica quanto em obra. O tipo de parafuso utilizado varia de acordo com a ligação especificada no projeto executivo estrutural e encontra-se dividido em duas grandes categorias:

-Parafusos comuns: podem ser apertados por ferramentas manuais ou pneumáticas até que a ligação entre as partes da estrutura seja garantida;

-Parafusos de alta resistência: são utilizado para ligações de maior responsabilidade e devem ser apertadas por um torque mínimo especificado, com o intuito de garantir a fixação adequada entre as peças. Este tipo de parafusagem requer maior atenção com o acabamento das superfícies e arruelas;

2.8.4.2 SOLDAGEM

A soldagem é uma operação utilizada para a junção permanente de materiais. Sua aplicação pode variar de acordo com os diferentes métodos e características das juntas, como o material usado, a forma, a espessura e a geometria das peças.

A solda busca proporcionar forte aderência mecânica aos materiais metálicos, a partir de uma fonte de calor. Este processo garante a perfeita continuidade das peças e tem sua maior aplicabilidade na construção metálica para fabricação de Perfis (Vigas I, H) Soldadas.

-As soldagens das vigas são executadas por equipamentos CNC com arco submerso;

-As soldagens manuais são executadas com equipamentos MAG;

2.8.5 ACABAMENTOS

O método de fixação (ligações) entre duas peças metálicas influencia diretamente Os acabamentos envolvidos no processo de fabricação de estruturas metálicas, a depender dos tipos de peças e das ligações entre os elementos estruturais, podem ser obtidos por serração, polimento ou outro procedimento similar.

O corte ou a furação de peças, dependendo do equipamento utilizado, gera imperfeições nas imediações, como rebarbas, que necessitam de um acabamento para remoção destas e nivelamento. Algumas peças exigem acabamento liso em suas superfícies de interface, para uma melhor adequação da área de contato, como uma chapa de base de coluna, por exemplo.

2.9 CONTROLE DE QUALIDADE DE FABRICAÇÃO

Com o intuito de garantir a qualidade final da produção, o trabalho de uma fábrica de estruturas metálicas está sujeito a inspeções. Estas se dão por meio de diversos procedimentos que atestam a conformidade da execução com a especificação prescrita.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

Por isso, antes do início de cada encomenda, elabora-se um P.I.T. (Plano de Inspeções e Testes), de acordo com o solicitado em contrato. No P.I.T. são definidos quais os testes de qualidade que devem ser feitos sobre as peças. Os registros dos testes são incorporados aos Data books de cada obra.

Os testes mais habituais são:

-Conferência da certificação dos consumíveis de soldagem e matéria prima;
-Mapeamento de juntas soldadas quando previamente acordado;
-E.V. : Ensaio Visual de Solda;
-L.P. : Líquido Penetrante para as juntas de filete e penetração parcial;

2.10 LIMPEZA

A limpeza em estruturas metálicas é o processo pelo qual as peças passam antes de receber qualquer tratamento de superfície, como a pintura. A limpeza em aço ou ferro visa à remoção de óleo, gordura, graxas, cascas de laminação e partes oxidadas.

Antes de elencar os diferentes tipos de tratamento dado às peças, é necessário elencar os graus de oxidação em que o elemento pode se encontrar:

Grau A: Superfície de aço com a carepa de laminação praticamente intacta em toda a superfície e sem corrosão. Representa a superfície de aço recentemente laminada.

Grau B: Superfície de aço com princípio de corrosão, quando a carepa de laminação começa a desprender-se.

Grau C: Superfície de aço onde a carepa de laminação foi eliminada pela corrosão ou poderá ser removida por raspagem ou jateamento, desde que não tenha formado ainda cavidades muito visíveis (pites) em grande escala.

Grau D: Superfície de aço onde a carepa de laminação foi eliminada pela corrosão com formação de cavidades visíveis em grande escala.

Alguns dos métodos de preparo de superfície estão aqui resumidos e deverão ser avaliados, determinando-se o grau de manipulação mais adequado para diferentes situações.

-St 2 (Limpeza manual)
Empregam-se raspadeiras, escovas manuais ou mecânicas (com fios de aço ou bronze), lixadeiras ou pistolas de agulha. Antes desta limpeza serão removidas por martelagem as camadas grossa de ferrugem e por meio de solvente óleos e gorduras;

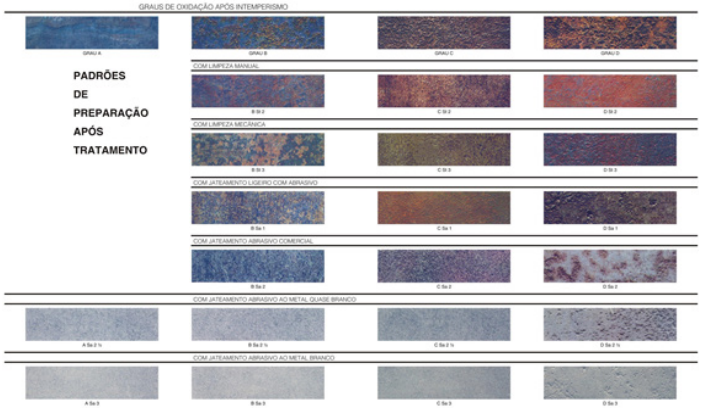
-St 3 (Limpeza mecânica)
São empregadas as mesmas ferramentas da limpeza St 2, porém espera-se obter um maior brilho metálico.

-Sa 1 (Brushoff)
É utilizado um jato abrasivo que se move rapidamente sobre a superfície de aço a fim de remover as escamas de laminação, óxidos e possíveis partículas estranhas.

-Sa 2 (Comercial)
Jateamento cuidadoso a fim de remover praticamente toda a laminação, óxidos e partículas estranhas. Caso a superfície apresente cavidades (pites), apenas ligeiros resíduos poderão ser encontrados no fundo das cavidades, porém 2/3 da área de uma polegada quadrada deverão estar livres de resíduos visíveis. Após o tratamento a superfície deverá apresentar uma coloração acinzentada.

-Sa 2 ½ (Metal quase branco)
Jateamento total ao metal branco. Elimina-se toda carepa de laminação, óxidos e outras partículas estranhas de modo que a superfície fique totalmente livre de resíduos visíveis. Após a limpeza, a superfície deverá apresentar cor cinza.

-Sa 3 (Metal branco)
Jateamento total ao metal branco. Elimina-se toda carepa de laminação, óxidos e outras partículas estranhas de modo que a superfície fique totalmente livre de resíduos visíveis. Após a limpeza, a superfície deverá apresentar cor cinza clara e uniforme.



Padrões visuais de preparação de superfície de aço - Norma sueca SIS 05 5900 - 1967 (http://www.ancoblast.com.br/wp-content/uploads/2015/04/padr%C3%B5es-visuais-Copy.jpg)

PlanMetal
Estruturas Metálicas

Nota-se que todos os tipos de tratamento são empregados para os Graus B, C e D de oxidação. Apenas os jateamentos **Sa 2 ½ e Sa 3** se aplicam ao Grau A.

O tratamento adotado depende do emprego do material ou do tipo da obra. A recomendação de tratamento está contida diretamente na proposta comercial da PlanMetal.

2.11 JATEAMENTO E PINTURA DE FÁBRICA

As estruturas metálicas executadas com aço-carbono, para apresentarem um bom aspecto estético, necessitam de um tratamento de proteção adequado.

Após a limpeza do material, faz-se na fábrica uma primeira demão de pintura, denominada primer. Após esta etapa, os materiais, se não necessitarem de retoques finais ou correções, estão prontos para o embarque.

No jateamento então são aplicadas granalhas de aço de primeira linha, livre de contaminações. As partículas de pó são automaticamente removidas através de filtros. As tintas são misturadas através de equipamentos de controle digital e aplicadas com máquinas de sistema airless, o qual controla a pressão e a vazão da tinta.

2.12 EMBARQUE

O embarque é a última etapa do processo de fabricação. A fábrica deve dispor de espaço suficiente para estocar as peças fabricadas que serão transportadas e de meios de carregamento adequados para conduzi-las, conforme indicado a seguir: Barras de pequena seção, chapas de piso ou grandes chapas de ligação devem ser calçadas com ripas de madeira e unidas através de cintas de aço, formando conjuntos a serem içados e carregados. Peças de grandes dimensões são carregadas uma a uma e calçadas com caibros de madeira.

O içamento e posicionamento dos perfis nos caminhões é feito através de uma ponte rolante, por exemplo, localizada dentro da fábrica. O transporte é realizado por caminhões ou Muncks.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

SEÇÃO 3

PROCESSO DE MONTAGEM

3.1 DOCUMENTAÇÃO NECESSÁRIA

Há uma relação de documentos importantes que deve ser verificada antes do início da obra, para garantir seu bom funcionamento. Recomenda-se fazer um Check List para atestar que todas as etapas ou itens da lista foram cumpridas de acordo com o programado.

3.1.1 PROJETO ESTRUTURAL EXECUTIVO

O projeto estrutural executivo compreende o conjunto de desenhos, memoriais de cálculo, documentos e especificações técnicas que incluem todas as informações sobre a concepção estrutural da obra, como: a definição dos carregamentos, a discriminação dos tipos de perfis a serem utilizados, seus comprimentos correspondentes e as características geométricas das suas seções transversais, a caracterização dos vínculos, o cálculo dos esforços atuantes, o plano de carga nas fundações e estimativa aproximada do consumo total de aço.

Ao final, são elaborados os desenhos e layouts de acordo com o nível desejado de projeto, com a representação de definição estrutural por Engenheiro Projetista habilitado.

3.1.2 PROJETO DE DETALHAMENTO

Nesta etapa, é elaborado o detalhamento de todos os elementos componentes da estrutura. Dependendo do caso, as peças são mostradas isoladamente ou em conjunto. Para uma treliça, por exemplo, são indicados os comprimentos das peças, as localizações dos furos, os parafusos, a lista de materiais, etc.

Toda a representação gráfica normalmente vem acompanhada de medidas não acumuladas e acumuladas, critério adotado por muito fabricantes para obter maior precisão de marcação.

3.1.3 DIAGRAMAS DE MONTAGEM

O projeto de montagem traz sob a forma de diagramas uma representação mais esquemática, mostrando o sistema estrutural, a indicação das numerações ou marcas de cada peça, o seu posicionamento e a sequência de montagem.

Além disso, pode fornecer informações complementares para o montador, como: a peça mais pesada, o raio máximo de trabalho do equipamento de montagem e a metodologia que se aplica.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.1.4 LISTA DE MATERIAIS

Lista contendo a quantidade de todos os itens que vão para o canteiro de obras. É usada como planejamento de produção para determinar os itens para cada requisição de compras e ordens de produção e montagem que serão realizadas.

3.1.5 LISTA MESTRA

Lista mestra é uma tabela na qual consta o código, nome do documento, nome de quem o fez, e número de revisões pelas quais passou, e quem as fez, e possui a função de facilitar o controle dos documentos dentro de uma empresa, evitando que se usem modelos obsoletos.

É um procedimento recomendado pela ISO 9001, porém não obrigatório. Entretanto, é um método de Gestão de Qualidade muito utilizado e simples de ser feito, pois a lista fornece todos os documentos relacionados e disponíveis, e todas as versões que deles foram feitas.

3.1.6 ROMANEIO DE EMBARQUE

A última fase do processo de fabricação envolve o embarque e a expedição da estrutura para o local em que será montada. Essa operação deve ser coordenada com as necessidades de execução da obra, evitando estocagens desnecessárias no canteiro ou a remessa de peças em ordem não adequada à montagem. A programação de embarque deve ser sempre documentada por meio de listas específicas (romaneios) de qualidade, quantidade e peso.

3.1.7 CRONOGRAMA

O cronograma depende diretamente do peso total da obra, das condições locais para recebimento de materiais, da topografia, da disponibilidade de mão de obra, das etapas construtivas, dos projetos e de possíveis imprevistos que possam vir a ocorrer durante a execução da obra. Todos estes fatores devem seguir um planejamento detalhado e bem elaborado, para cumprir o prazo estipulado.

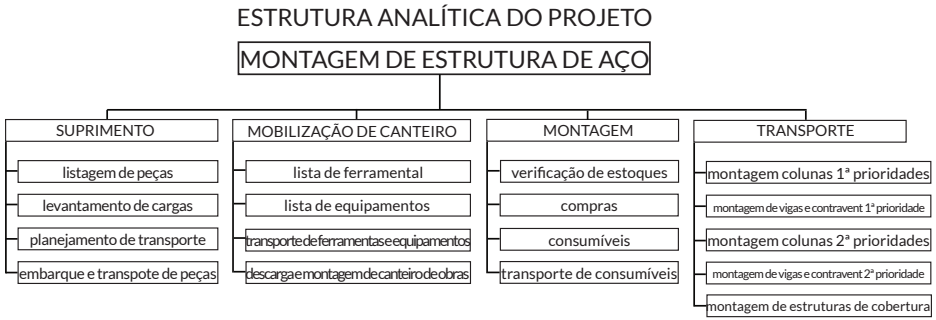
3.1.8 PLANEJAMENTO DE MONTAGEM

Com foco na logística do processo a etapa de planejamento observa dentre outros os seguintes pontos: sequência de montagem, limitações de canteiro, interface com obras civis, segmentação operacional do empreendimento e fluxo de caixa do cliente. O plano de montagem exige preparação cuidadosa e detalhada, de modo a tornar-se realmente seguro, eficiente, econômico e atendendo os prazos assumidos.

Para o planejamento de uma obra é preciso listar todas as atividades necessárias para que ela seja executada. Divide-se então em grandes grupos de atividades principais, que são subdivididas em atividades menores, e assim por diante, definindo diversos níveis em uma hierarquização de atividades. Aqui é importante tomar o cuidado de não dividir em demasia, a fim de evitar detalhismos.

O último nível corresponde então a uma tarefa individual. Esta organização das atividades se chama Estrutura Analítica do Projeto - EAP, do inglês Work Breakdown Structure - WBS. Uma EAP pode ser definida de três maneiras, de acordo com a melhor aplicabilidade ao tipo de obra: por entrega, por fases ou por subprojetos.

No caso da montagem de estruturas metálicas a estrutura é definida por entrega, e um exemplo consta abaixo:



Deve-se organizar as tarefas em uma sequência na qual serão executadas. Existem tarefas interligadas, de modo que uma depende de outra para pode ser realizada. Algumas, entretanto, podem ser executadas independentemente da conclusão de outras. Essa determinação de relações entre as atividades compõe o que se chama Rede de Precedências, na qual é possível identificar o caminho crítico da obra, que mostra quais atividades não podem atrasar e que define o tempo total de duração dos serviços.

Para a duração de cada atividade faz-se uma quantificação de mão-de-obra necessária, através da unidade básica Homem x Hora (Hh), que fornece o número referente ao consumo total de horas trabalhadas por todos os operários envolvidos na execução das atividades.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.1.9 PLANO DE RIGGING

Pela necessidade de obras rápidas e econômicas, a utilização de peças pré-fabricadas e pré-montadas (como é o caso das estruturas metálicas) passou a ser cada vez maior, aumentando também a procura por operações de manejo e posicionamento dos perfis.

O Plano de Rigging é um planejamento de içamento necessário para que seja realizado o procedimento correto de movimentação de cargas no local de trabalho. Este plano necessita de uma análise das condições do solo e da ação do vento, estudos da carga a ser içada, do maquinário disponível, dos acessórios e do cronograma da obra. A movimentação de cargas exige uma análise apurada, cálculos, planejamento da elevação, técnicas de amarração, análise de materiais empregados, pesos e medidas.

3.1.10 ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA (ART)

A Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977, que instituiu a Anotação de Responsabilidade Técnica-ART, estabelece que todos os contratos referentes à execução de serviços ou obras de Engenharia, Agronomia, Geologia, Geografia ou Meteorologia deverão ser objeto de anotação no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia – Crea.

A ART é fundamental para identificar responsabilidade técnica por obras ou serviços realizados e confere legitimidade ao profissional ou empresa que os realiza, o que proporciona segurança técnica e jurídica para as partes envolvidas.

3.1.11 DIÁRIO DE OBRAS

O diário de obras é o documento onde serão registradas informações importantes sobre cada dia de atividade em obra. Ele deverá ser elaborado pelo funcionário da PlanMetal responsável pela obra e ser assinado diariamente pelo cliente ou seu representante para validá-lo.

3.2 CANTEIRO DE OBRAS

O canteiro de obras é a área de trabalho temporário onde serão desenvolvidas as operações de apoio para execução da obra. Ele deve ser organizado de forma a maximizar a eficiência dos serviços de montagem e eliminar as descontinuidades na operação, além de garantir a segurança e conforto da equipe de obra.

3.2.1 REQUISITOS INICIAIS

O diário de obras é o documento onde serão registradas informações importantes sobre cada dia de atividade em obra. Ele deverá ser elaborado pelo funcionário da PlanMetal responsável pela obra e ser assinado diariamente pelo cliente ou seu representante para validá-lo.

CHECKLIST DA DOCUMENTAÇÃO VERIFICADO

A verificação da documentação básica necessária (item 3.1 deste manual) é uma etapa essencial de obra anterior ao início da montagem e por isso, recomenda-se fazer um check list de organização para confirmar o recebimento dos mesmo no canteiro.

ACESSO AO CANTEIRO

O acesso ao canteiro da obra faz parte do estudo inicial, levando em consideração as dificuldades específicas do local. Porém, cabe ao cliente garantir as vias de acesso livres de obstáculos e obstruções.

ÁREA DE ESTOQUE

O cliente deve fornecer uma área para estocagem dos materiais, conforme definido na vistoria técnica anterior à celebração do contrato, sob pena de aditivo de logística caso haja necessidade de transportes extras, em função de alteração das condições contratuais acordadas.

ÁREA DE TRABALHO

Deverá estar sempre limpa e desimpedida, a fim de dar condições ao cumprimento dos prazos pactuados e se possível a antecipação dos mesmos. “O Amanhã se faz hoje”.

VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS

O cliente deverá fornecer o canteiro de obra livre de qualquer interferência que impeça ou atrapalhe as condições de estocagem ou montagem, a menos que tenha sido objeto do contrato.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.2.2 INFRAESTRUTURA BÁSICA

INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

O cliente deverá disponibilizar instalações sanitárias mínimas, ou local para instalação de nosso container de apoio.

ÁGUA

O cliente deverá disponibilizar 01 ponto de água potável, distante no máximo a 20 m do local da obra.

ENERGIA ELÉTRICA

O cliente deverá disponibilizar 01 ponto de energia elétrica para suprimento de no mínimo 40kVA, distante no máximo a 20 m do local da montagem. Para obras com até 20t garantir a demanda. Conforme o volume das montagens aumenta demandando uma análise esfecífica.

3.2.3 EQUIPAMENTOS

GUINCHO

Há vários tipos de guinchos e eles são fundamentais para empresas que trabalham com logística, construção civil e indústrias. Ideal para transporte aéreo de cargas em locais em que o espaço horizontal é limitado ou para transporte vertical em pequenas edificações, andaimes e torres. O guincho de coluna é mais usado em obras, por isso também é conhecido como guincho para construção civil. O guincho pórtico também serve para a elevação e declínio de materiais e cargas em obras da construção civil. Confira os modelos da Loja do Mecânico e escolha o que atende a sua necessidade.

TALHAS

As talhas são utilizadas para transporte vertical de cargas pesadas ou que estão em difíceis condições de movimentação. É também ideal para transporte aéreo de cargas quando o espaço horizontal é limitado, bem como para içamentos em pequenas edificações ou andaimes. São equipamentos simples, de fácil manuseio e multifuncionais. Podem ser manuais ou elétricas.
Funciona com um cabo de aço, um gancho e uma corrente para suspender o objeto. Encontra-se este equipamento no mercado em diversos tamanhos, que são selecionados de acordo com a necessidade da obra.
A talha proporciona diversos ângulos de trabalho para sua utilização, além de demandar pouca manutenção.

Suas principais características são:

-Podem ser montadas em troles manuais e mecânicos;

-Corpo em aço, leve e super compacta;

-Fácil instalação e manuseio, além de baixa manutenção;

-Engrenagens usinadas em aço temperado;

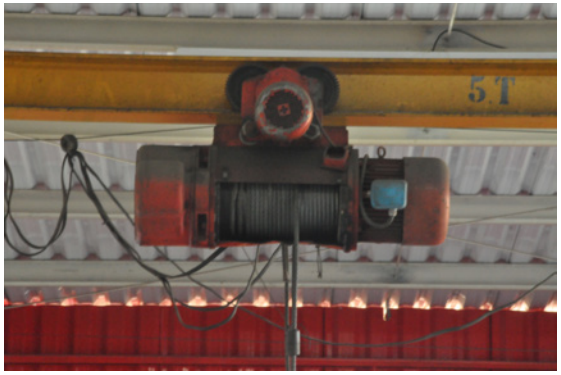
-Correntes de carga em aço alloy, assegura maior resistência;

-Corrente de acionamento zincada eletrolíticamente;

-Resistente a baixos níveis de umidade;

-Ganchos de carga com trava de segurança;

-Talhas manuais possuem capacidade miníma de carga de 10% da capacidade nominal de acordo com NBR 16324.



PlanMetal
Estruturas Metálicas

MOTO-IÇADOR DESLIZANTE (MID)

O MID funciona como um mini guindaste. O equipamento é composto por um quadro base, sobre o qual é erguido um andaime, que por sua vez sustenta o coroamento e a lança com polia. Toda essa estrutura ligada à um motor redutor é capaz de içar peças pesadas, a uma grande altura sem necessidade de muito espaço na obra.

A utilização de rodízios no quadro base sobre trilhos facilita o deslocamento horizontal do equipamento pela obra, tornando o processo de construção mais produtivo.

Recomendações de utilização:

-É terminantemente proibido utilizar o MID para o deslocamento de pessoas, tanto horizontal quanto vertical;

-Assegurar a montagem correta do equipamento **(ANEXO 1)** antes de sua utilização e verificar diariamente, antes de iniciar o trabalho, se os encaixes estão em boas condições;

-A altura do equipamento deve respeitar a tabela de cargas;

-Quando for utilizado rodízio, a superfície deverá ser lisa e plana, e os rodízios deverão estar travados durante o uso;

-Para melhor eficiência do uso de rodízio, utilizar trilhos quando possível.

3

PlanMetal
Estruturas Metálicas

CAMINHÃO MUNCK

Os transportes e içamentos das peças e elementos estruturais em obra são feitos por Muncks, caminhões que possuem um guindaste em cima de um chassi alongado para içamento e posicionamento de montagem e podem ter diversas capacidades de carga.

O caminhão Munck deve ser operado por um profissional que tenha o curso específico para esta finalidade, com documentação apresentada antes de entrar efetivamente na obra.

Recomendações de utilização:

-Quando a lança estiver ativada, nunca ficar em cima da carroceria do caminhão;

-Jamais arrastar cargas no chão;

-Não movimentar o caminhão enquanto alguma peça estiver içada.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

GRUA

As gruas são equipamentos de içamento vertical e estão entre os principais equipamentos de qualquer obra de montagem. Se caracterizam por possuírem uma torre vertical na qual se apóia uma lança horizontal.

Existem diferentes modelos disponíveis de gruas entre as opções de estacionárias, ascensionais e móveis. A escolha a melhor opção depende da obra em questão, a decisão deve ser pautada pela disponibilidade de espaço no canteiro de obras e a carga ou material que deve ser içado.

A grua deve cobrir toda a projeção da estrutura, com capacidade de içar as cargas mais distantes. A área de estocagem de peças deve estar dentro do seu raio de operação. A principal característica que a diferencia é o fato de a lança nascer de uma cota acima do solo.

Recomendações de utilização:

- Determinar as peças e situações de içamento mais exigentes para dimensionar a capacidade necessária para a grua;

-Localização da grua o mais próximo possível do centro de gravidade da edificação;

-Entender qual o maior raio de operação que deve cobrir toda a projeção da obra;

-Levar em consideração o maior momento de tombamento, dado por carga x raio.

MINI GRUA

As Mini Gruas são Gruas de menor porte desenvolvidas para atender a projetos que necessitam de equipamentos de médio porte com a tecnologia e versatilidade encontradas nos equipamentos de maior custo. As Mini Gruas servem como elemento de içamento e elevação de peças ou materiais mais leves.

GUINDASTE

Os guindastes são equipamentos de içamento vertical e estão entre os principais equipamentos de qualquer obra de montagem. Os guindastes mais comuns são formados por um veículo de deslocamento sobre o solo, do qual parte uma lança que se projeta para cima, podendo formar variados ângulos com a horizontal. A lança também pode ser capaz de desenvolver movimentos em torno de um eixo vertical, com ângulos de até 360º. A capacidade de um guindaste é determinada pela resistência de seus elementos estruturais e pela sua resistência ao tombamento.

É recomendada a seguinte sequência para determinar o tipo de guindaste mais apropriado para a montagem de uma estrutura:

3

PlanMetal
Estruturas Metálicas

-Cálculo da carga líquida, que corresponde ao peso da peça mais robusta a ser içada;

-Cálculo da carga bruta, definindo o peso dos acessórios de içamento como cabos de aço, manilhas, ganchos, etc.;

-Designação da melhor posição para o guindaste, considerando as condições de acesso e o menor raio viável nas posições inicial e final da peça;

-Tomar nota do maior raio no trajeto, carga bruta e da altura de montagem levando em conta os acessórios;

-Consulta em tabelas de guindastes a fim de selecionar o equipamento que atende os requisitos levantados nos passos anteriores com uma folga mínima de 20%;

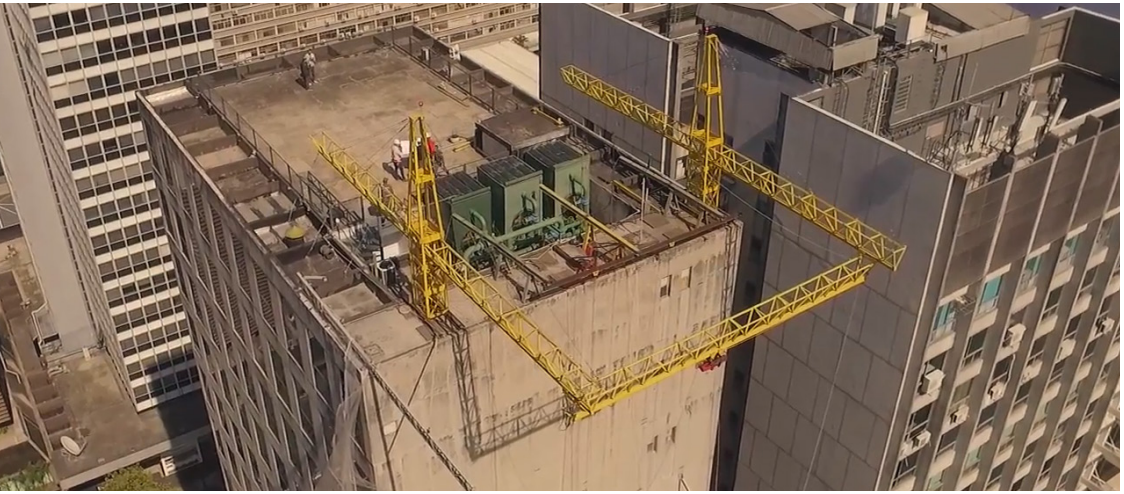
-Repetir os passos acima para a peça mais distante, e depois para a segunda e terceira peças mais pesadas e que estejam em posições distantes. Caso o requisito da folga mínima não se cumpra, deve-se repetir o procedimento selecionando um guindaste de maior capacidade.

DISPOSITIVO EXTERNO DE IÇAMENTO DE CARGA (D.E.I.C)

Equipamento utilizado no transporte vertical e horizontal de cargas para operação em ambiente externo e em altura.

É composta por elementos treliçados, tirantes, troles e talha elétrica. Uma das extremidades é formada pela lança e a outra pelo contrapeso, responsável pela estabilização do conjunto.

Para operar o DEIC, é importante atentar-se à NR 35 – Trabalho em Altura, que estabelece os requisitos mínimos de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente nesta atividade.



BALANCIM

Plataforma de suspensão utilizada para trabalhos de construção e manutenção em fachadas de edifícios. O fornecimento e a disponibilidade do balancim sempre é de responsabilidade do contratante. O cuidado com o manuseio e o acondicionamento do balancim é muito importante, pois trata-se de um equipamento com risco de queda. Deve haver um técnico de segurança presente, que faça controle de uso, manutenção e inspeção do equipamento, fazendo um check list, que deverá ser reportado ao responsável da obra.

Check-List do Balancim:

PlanMetal
Estruturas Metálicas

-Verificar se os usuários do equipamento foram devidamente treinados quanto à instalação e operação, bem como aos procedimentos e equipamentos de segurança envolvidos;

-Verificar se os Cintos de Segurança tipo paraquedista, como dispositivo trava quedas, estão colocados em todos os usuários. Também verificar se estão engatados a cabos de segurança independentes, e devidamente fixados à estrutura de trabalho;

-Verificar se os contrapesos das fixações de sustentação (vigas/distanciadores/ganchos) estão em posição correta e devidamente fixados. Nos casos de fixação sem contrapeso verificar amarração;

-Verificar se os cabos de aço (de Tração, de Segurança) estão em perfeitas condições de uso: sem "joelhos", torções ou pontas soltas **(ANEXO 2)**;

-Verificar se a placa fixada na plataforma de serviço indica carga máxima de trabalho admissível, e se a carga de trabalho efetiva está abaixo deste limite;

-Verificar se todos os parafusos (HS), porcas (Nylocs), pinos e clips estão devidamente fixados ao guincho, BlockStop (trava de segurança) e à plataforma;

-Verificar proteção (capa) dos guinchos e limpeza dentro e fora do balancim;

-Verificar o engate do Block Stop;

-Isolar a área abaixo da plataforma de serviço, principalmente em áreas públicas.

Para outras informações sobre diretrizes gerais, o que fazer se o Block Stop travar, informações do cabo, montagem do guincho, etc, consultar NR-18.

PLATAFORMAS/ANDAIMES

Andaimes são estruturas montadas para auxiliar no acesso da mão de obra ou servir de escoramento, como no caso do escoramento de formas na concretagem de lajes. Podem ser de variados materiais, como madeira, alumínio ou aço por exemplo, sendo este último o mais comum na construção civil. São encontrados comumente em dois modelos: modulares tubulares, que formam torres apoiadas sobre bases ou rodas, e os fachadeiros, que constituem um painel que permite trabalho contínuo, e são formados por barras, colunas e pisos.

São formados por painéis metálicos, guarda-corpos, escada, piso metálico ou de madeira, sapatas e rodízios. Sua principal função é permitir que os operários realizem tarefas que exigem cuidado aos detalhes e perfeição na execução, atendendo sempre os requisitos de segurança estipulados pelas normas pertinentes.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.2.4 INSTRUMENTOS

Na fase de montagem de uma estrutura metálica são utilizados diversos instrumentos individuais e ferramentas, que serão abordadas a seguir.

ESMERILHADEIRA

Também chamada de rebarbadeira, possui as funções de aparar rebarbas e de cortar as estruturas nas dimensões desejadas. Deve ser sempre utilizada com as duas mãos e necessita de equipamentos de proteção obrigatórios. É uma ferramenta de porte pequeno ou médio, sendo mais utilizada no canteiro de obras, devido à facilidade em seu manejo e transporte.

LIXADEIRAS

As lixadeiras servem como niveladoras de superfícies, para corrigir imperfeições como desníveis nos elementos estruturais. Ela é utilizada tanto na fábrica, para esmerilhamento de bordas, como durante a execução da obra. É importante ressaltar o uso da máscara de proteção sempre que utilizá-la.

INVERSORAS

As inversoras, ou máquinas de solda, desempenham um controle sobre a energia que obtêm da rede elétrica, transformando tensão e corrente para que a solda seja capaz de derreter um material consumível.
As máquinas são alimentadas pela rede com uma tensão (V) alta e uma corrente (A) "baixa". As suas principais funções são: transformar a energia de entrada (110V ou 220V) de CA (corrente alternada) para CC (corrente contínua); induzir uma alta corrente de saída através de semicondutores de potência; estabilizar o arco elétrico para uma solda macia e perfeita.
Trata-se de um equipamento portátil, o que facilita o uso para trabalhos em altura.

PARAFUSADEIRAS

São instrumentos importantes na parte de ligação entre telhas e elementos de cobertura. Deve-se escolher a ferramenta com rotação e torque adequados, a depender do tipo de parafuso. Antes de utilizar a parafusadeira, é importante realizar um teste em uma chapa de espessura igual à da telha, para não forçar demais as arruelas de vedação do parafuso. Após a aplicação, deve-se limpar o local, pois fagulhas ou limalhas podem provocar corrosão.

FURADEIRAS

São comumente utilizadas para realizar furos para a instalação de chumbadores químicos em estruturas de concreto.

TORQUÍMETRO

Consistem em ferramentas utilizadas para ajustar com exatidão o torque de um parafuso em uma porca. Possuem ainda um dispositivo que permite aferir a força rotacional (torque) dimensionada em projeto, a fim de não danificar a peça metálica, porém com o máximo de aperto.

PRUMO

O prumo é o instrumento utilizado para verificar a verticalidade de um lugar ou o eixo de um sólido. Ele é composto por um corpo pesado com uma alça na base, amarrado a um fio flexível.

ESQUADRO

O esquadro é um instrumento simples de geometria. Este instrumento plano em formato de triângulo retângulo serve para traçar ângulos retos ou linhas perpendiculares.

CHAVE DE FENDA

É a ferramenta utilizada para apertar ou afrouxar parafusos.

TRENA

A trena é uma fita métrica retrátil utilizada para medir distâncias. As unidades de medidas encontradas em diferentes trenas podem variar entre centímetros, milímetros, polegadas e pés.

MARCADORES

Instrumentos utilizados para escrever, desenhar ou riscar. Bons exemplos são: lápis ou giz.

CALIBRAGEM PERIÓDICA

É necessária a aferição periódica dos instrumentos e equipamentos aqui listados para garantia de seu pleno funcionamento.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.3 MEIO AMBIENTE

A construção civil é a maior consumidora de matéria prima no Brasil, o que implica em impactos ambientais como extração elevada de recurso naturais, consumo exacerbado de energia, poluição do meio ambiente e geração de resíduos e rejeitos.

No âmbito das construções metálicas, os principais efeitos negativos ao meio ambiente advindos da sua produção são o consumo de energia e a emissão de gás carbônico na indústria siderúrgica, e a poluição por resíduos do material ferro-carbono. Dentro deste quadro, deve-se buscar sempre uma fabricação e montagem visando o desenvolvimento sustentável, isto é, em termos econômicos, sociais e de recursos.

As construções em estruturas metálicas têm a vantagem de ser completamente reaproveitáveis, tanto na montagem de uma nova estrutura reutilizando uma antiga quanto na refusão do material. É importante implantar um plano de gestão de resíduos desde a concepção inicial do empreendimento.

Para um plano de reutilização de estruturas metálicas, deve-se:

-Ter uma estimativa do ciclo de vida da estrutura considerando os fundamentos da construção sustentável, desenvolvendo soluções otimizadas;

-Ter em consideração as qualidades ambientais dos materiais no projeto e no produto final;

-Centrar a concepção funcional sobre a fase de exploração (longa vida útil, durabilidade dos componentes, flexibilidade funcional do edifício) bem como da reabilitação, e da facilidade de desconstrução dos diversos componentes.

3.4 SEGURANÇA

É muito importante que todas as medidas de segurança no trabalho sejam sempre cumpridas para que os operários e todos os envolvidos nos serviços possam realizar suas tarefas de maneira protegida e com qualidade.

3.4.1 RISCOS NA MONTAGEM

Como a montagem envolve vários elementos estruturais e acessórios vinculados entre si, a saber: pilares, vigas, travamentos, coberturas, cabos de aço e andaimes, optou-se por abordar os riscos envolvidos de maneira global, embora existam alguns riscos específicos atrelados a determinados elementos. Os riscos são:

-Risco de queda de objetos, causada por estado deficiente de cabos de ação e falta de controle dos mesmos, além do uso inadequado dos ganchos sem trava de segurança. Para evitar esse risco os cabos não devem ter emendas nem pernas quebradas que possam vir a comprometer sua integridade mecânica, e devem receber manutenção constante. Os ganchos devem ser dotados de trava de segurança para o transporte de materiais;

-Risco de agarramento e contato elétrico devido à manutenção inadequada dos elementos de sustentação, à deficiência de aterramento elétrico e ao não respeito à distância de segurança de linhas elétricas. Para a prevenção deve-se realizar manutenções periódicas nos cabos de aço de sustentação, além de aterrar adequadamente a torre e o guincho, bem como manter os equipamentos de transporte vertical afastados da rede elétrica;

-Risco de cortes e queimaduras nos operários, causados por falta de equipamentos de proteção adequados ao executar a solda;

-Risco de queda de operários por falta de Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs) adequados, pela não utilização de andaimes, pela falta de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e pela não colocação de gancho para fixação.

3.4.2 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPI's) estão definidos pela Norma Regulamentadora nº 06 do Ministério do Trabalho e Emprego como todos os equipamentos utilizados pelo trabalhador para a sua própria proteção contra riscos que possam ameaçar sua segurança e saúde.

Os EPI's tem, portanto, o intuito de minimizar os riscos ambientais do ambiente de trabalho e promover a saúde, o bem estar e evitar que ocorram acidentes e doenças ocupacionais.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

A seguir, estão listados os principais EPI's utilizados pelos operários:

Uniforme (Conjunto): Conjunto formado por calça e blusão, jaqueta ou paletó, para proteção de tronco e membros superiores e inferiores contra agentes térmicos, respingos de produtos químicos e contra umidade proveniente de atividades que envolvem água.

Capacete: Proteção contra impactos de objetos sobre o crânio.

Luvas de Proteção: Proteção das mãos contra agentes abrasivos, escoriantes, cortantes, perfurantes, térmicos, biológicos, químicos, contra choques elétricos e vibrações.

Respirador Purificador de Ar: Proteção das vias respiratórias contra poeiras, névoas, fumos, e contra partículas e gases emanados de produtos químicos.

Máscara de Solda: Proteção dos olhos e face contra impactos de partículas e fragmentos gerados na atividade de solda e também contra luminosidade intensa.

Protetor Auricular: Proteção circum-auricular do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido pela NR 15, nos Anexos I e II (Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente e Limites de Tolerância para Ruídos de Impacto, respectivamente).

Óculos de Proteção: Proteção dos olhos contra impactos de partículas volantes e respingos de produtos químicos.

Botina: Calçado para proteção contra impactos de quedas de objetos sobre articulações, contra choques elétricos, agentes térmicos, cortantes, escoriantes, contra umidade proveniente de atividades que envolvem água, e também contra respingos de produtos químicos.

Cinturão de Segurança: Proteção contra riscos de queda envolvidos em trabalhos em altura, devidamente associado a um dispositivo trava-queda.

3.4.3 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO COLETIVOS (EPC)

Os Equipamentos de Proteção Coletivos devem ser utilizados durante todo o processo de montagem no canteiro de obras. A especificidade e o grau de necessidade dos EPC's varia de acordo com a complexidade de cada obra.

ISOLAMENTO DE ÁREAS DE TRABALHO

Para o isolamento de áreas do canteiro de obras passíveis de se tornarem áreas de risco, são utilizados cones, placas, fitas isolantes e cartazes com o objetivo de orientar e alertar os operários e possíveis transeuntes que circulam próximo à obra da possibilidade de perigo.

Pedestais com fita retrátil são utilizados para a sinalização do fluxo de pessoas, a fim de traçarem um caminho isolado dos locais de riscos de queda de objetos e acidentes. Recomenda-se a distância entre esses pedestais de 1,5 m.

CABOS DE VIDA

Os cabos de vida, também conhecidos por linhas de vida, são cabos ancorados a estruturas firmes que possuem como finalidade suportar o peso de um ou mais trabalhadores quando estes estiverem trabalhando a uma altura considerável que represente risco de queda. Os operários se prendem às linhas de vida através do cinturão de segurança.

A revisão da instalação dos cabos de vida é muito importante para garantir a segurança dos trabalhadores. Esta revisão deve ocorrer obrigatoriamente quando o equipamento for utilizado ou pelo menos uma vez ao ano no caso de não ter havido incidentes. As revisões devem ser realizadas por profissionais qualificados e devidamente documentadas.

GUARDA CORPOS E ANDAIMES

Os guarda corpos devem estar presentes em cima de andaimes, em pavimentos superiores, escadas, e em qualquer localidade que haja risco de queda. São compostos por um corrimão, barras intermediárias, montantes e rodapés ao nível do piso.

EXTINTORES DE INCÊNDIO E KITS DE PRIMEIROS SOCORROS

Deve-se ter sempre um ou mais extintores (tipo ABC) e kits de primeiros socorros para atendimento imediato disponíveis na obra, pois estes itens são de suma importância na ocorrência de algum acidente. As quantidades presentes de cada um variam de acordo com a dimensão da obra e o número de funcionários envolvidos.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.4.4 PROGRAMAS DE SAÚDE E PREVENÇÃO DE RISCOS

Neste item, estão listados programas que visam a integridade dos trabalhadores, pela antecipação de riscos ambientais que podem vir a acontecer no cotidiano do empregado.

Cada um dos programas que serão apresentados a seguir deve ser avaliado e elaborado especificamente para cada obra, levando em conta as particularidades das atividades de estruturas metálicas empregadas, bem como das condicionantes do local de trabalho.

3.4.4.1 PROGRAMAS DE RISCO AMBIENTAL (PPRA)

O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), previsto pela Norma Regulamentadora nº 09 do Ministério do Trabalho e Emprego, entende como riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes no ambiente de trabalho que, em função da sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador.

O objetivo do PPRA é estabelecer uma metodologia de ação que garanta a preservação da saúde e integridade dos trabalhadores.

3.4.4.2 PROGRAMA DE CONTROLE MÉDICO DE SAÚDE OCUPACIONAL (PCMSO)

O Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO), previsto pela Norma Regulamentadora nº 07 do Ministério do Trabalho e Emprego, visa prevenir, monitorar e controlar os possíveis danos à saúde que o ambiente de trabalho pode causar ao trabalhador, assim como detectar riscos que estes estão sujeitos no âmbito empresarial.

Exames médicos ocupacionais como exames admissionais, periódicos, de retorno ao trabalho, de mudança de função e demissional são parte integrante do programa. Além disso, o PCMSO pode exigir a análise do ambiente de trabalho dos funcionários a fim de identificar riscos que podem afetar o agravo a saúde dos mesmos.

3.4.4.3 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR)

A Análise Preliminar de Riscos (APR) consiste de um estudo antecipado e detalhado de todas as fases do trabalho, a fim de detectar os possíveis problemas que poderão acontecer durante a execução.

Depois de detectados os possíveis acidentes e problemas, devem ser adotadas medidas de controle e neutralização. Essas medidas devem envolver toda a equipe, criando um clima de trabalho seguro em conjunto.

3.5 RECEBIMENTO DO MATERIAL

Após todas as etapas executivas na fábrica, projetos prontos, definição dos prazos, planejamento, conferências de campo, e as outras etapas antes da execução da obra, as peças estão prontas para serem transportadas para a obra. O planejamento do transporte é feito de acordo com as etapas da obra junto à fábrica e responsável pelo transporte.

Ao receber o material, é preciso verificar no canteiro local disponível para seu armazenamento, preferencialmente próximo à área da montagem, de modo a minimizar movimentações de peças e possíveis avarias.

3.5.1 CONFERÊNCIA

Antes mesmo de realizar a descarga do material que chegou, é preciso ser feita uma conferência através do Protocolo de Remessa, que o motorista deverá ter em mãos. Deve-se verificar se os produtos estão protegidos, se possuem algum dano ou mesmo se a embalagem está avariada.

3.5.2 DESCARGA

Caso as peças cheguem molhadas, não se deve assim estocá-las. É necessário secá-las antes. Cuidados são exigidos para que as peças não sejam arrastadas e danificadas neste processo.

3.5.3 ESTOCAGEM

À medida que as peças são fabricadas, são embarcadas para campo e são estocadas no canteiro de obras, onde muitas vezes se acumula grande quantidade de peças, antes mesmo do início da montagem. Essa estocagem é de fundamental importância para que os serviços de montagem se processem normalmente, sem descontinuidade das operações. O montador deve estocar o material recebido em áreas próprias, dispondo-o em ordem, de forma que não venham a ocorrer manuseios ou realocações desnecessárias.

É necessário utilizar calços de madeira para impedir que as estruturas entrem em contato com o chão e caso não haja local coberto e for imprescindível, utilizar lona para cobrir as peças de modo a protegê-las das intempéries.

Cuidados especiais devem ser tomados, ainda, para que não ocorram deformações e danos na pintura, ou extravio de peças pequenas.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

As peças de dimensões maiores, como vigas e pilares devem ficar perfeitamente apoiadas sobre peças de aço ou madeira, de forma que não venham a sofrer tensões ou empenos e não fiquem em contato com o solo, evitando, assim, a im pregnação com barro, terra ou outros materiais que provoquem deterioração da pintura.

As peças de menores dimensões, como conexões, calços, parafusos, etc., devem ser estocadas em caixas de madeira com dimensões que facilitem o seu deslocamento, que serão utilizadas também para guardar os instrumentos utilizados na obra.

3.6 LOCAÇÃO

A locação dos eixos principais é uma das fases mais importantes da obra, pois é a partir deles que serão feitas as locações de todas as estruturas.

Com base na fundação pré-existente então são locados os eixos da estrutura metálica.

Escolhe-se o elemento de fundação de um dos vértices do projeto e delimita-se uma face de referência, a partir da qual é definido o nível em outro ponto.

Depois desses pontos estarem em nível, são tiradas medidas para que os eixos sejam locados, com ajuda de linha, conforme o projeto executivo, e depois marcados nas fundações.

As chapas de apoio devem ter seus eixos desenhados nelas mesmas, para que possam ser fixadas no local correto, alinhando-se os eixos marcados nos blocos de fundação com os marcados nas chapas.

Para retirada de medidas de vários pontos num único eixo, não se deve tirar a medida do primeiro ponto ao segundo, e depois do segundo ao terceiro, e sim tirar as medidas de todos os pontos a partir do primeiro, evitando, assim, acúmulo de erros.

À luz de qualidade, é sempre necessária a verificação do serviço executado. Nesse caso é importante que o responsável pela verificação não seja a mesma pessoa que executou a locação, com o intuito de minimizar chances de erros. É comum a utilização de apoio topográfico para esta conferência.

3.7 MONTAGEM

A montagem nada mais é que a parte executiva de um processo construtivo, com o intuito de unir de forma estável as peças que vão compor o produto final, conforme especificado nos desenhos. É o coroamento de toda a obra, onde é possível visualizar se foi realizado um bom projeto. Quanto maior o número de detalhes e com um planejamento cauteloso, menor a probabilidade de ocorrerem imprevistos, danos materiais e atrasos no processo de montagem.

No começo do empreendimento, o plano de montagem deve merecer preparação cuidadosa e detalhada, de modo a tornar-se realmente seguro e eficiente, para facilitar ao máximo as condições de trabalho. Isto deve ser feito dentro dos limites de segurança, levando em conta os custos adicionais que possam ser gerados em função do tempo disponível.

Além dessas providências, o canteiro deve obter diagramas de montagem, listas de parafusos, listas de eletrodos de solda e de outros acessórios que sejam indispensáveis à correta execução da montagem de campo. É também importante que recebam uma cópia dos desenhos de detalhe, para facilitar qualquer correção executiva.

Para a montagem das estruturas metálicas são necessários alguns equipamentos e instrumentos próprios, que serão abordados a seguir. Convém ressaltar que optou-se por dividir os itens de acordo com os elementos estruturais e acessórios, aos quais estão relacionados subitens sobre EPI's, equipamentos, instrumentos e sequência executiva específicos.

3.7.1 PILARES

3.7.1.1 EPIs NECESSÁRIOS

Para a montagem dos pilares no canteiro de obras é necessária a utilização dos seguintes EPI'S:

3.7.1.2 EQUIPAMENTOS

Para a montagem dos pilares no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes equipamentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:
- MID (Moto-içador Deslizante)
- Caminhão Munck
- Guincho
- Grua
-Mini-grua

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.7.1.3 INSTRUMENTOS

Para a montagem dos pilares no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes instrumentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:

- Solda
- Torquímetro
- Prumo
- Esquadro

3.7.1.4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA

PLACA DE BASE/APARELHOS DE APOIO

A placa de base pode ser fixada ao bloco de fundação já no momento de sua concretagem, ou então por meio de chumbadores químicos quando elas forem instaladas após a concretagem das bases.

No caso de fixação por placa, esta deve ter seus eixos alinhados aos eixos principais de locação, como dito anteriormente, para que sejam feitas as marcações dos furos que receberão o chumbador químico, para posterior retirada da placa e execução dos furos.

Com os furos feitos, é necessário que seja feita a sua limpeza, para somente depois aplicar os chumbadores químicos. Nesse processo são necessários dois funcionários, um para aplicar o chumbador e outro para inserir o prisioneiro/ barra roscada. O prisioneiro/ barra roscada deve ser colocado (a) manualmente no furo até travar, sem forçar. Para que o prisioneiro/ barra roscada seja inserido (a) até o fundo do furo utiliza-se uma furadeira com adaptador de acordo com a espessura da peça.

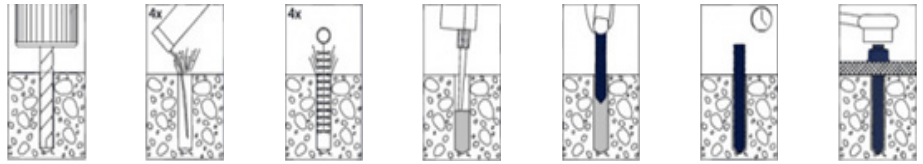


Figura 1 – Método de aplicação no concreto (site walsyva, 2016)

Deve-se esperar o tempo indicado para cura, posicionar a placa de base e então dar torque à porca utilizada na fixação.

Ampola (medidas nominais)		5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
Prisioneiro (medidas da rosca UNC)		5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"
Comprimento do prisioneiro (mm)		110	130 165 190	160 220 250 300	170 190 250 300	235 270 310	300
Diâmetro do furo (mm)		10	12	14	18	25	28
Profundidade do furo (mm)		80	90	110	125	170	210
Comprimento útil para fixação (mm)		16	22 57 82	30 90 120 170	13 38 98 148	30 70 110	65
Torque máximo (N x m)		10	20	30	60	120	200
Distância entre chumbadores para carga máxima (cm)		16	18	22	25	34	42
Distância da borda para carga máxima (cm)		8	10	12	17	20	25
Distância mínima entre chumbadores (cm) (1)		4	5	6	8,5	10	13
Distância mínima da borda (cm) (2) (3)		4	5	6	8,5	10	13
Carga de tração recomendada (kN) (4)	fck≥20 Mpa	5	7	10	15	27	43
	fck≥40 Mpa	6,2	8,7	12,5	18,7	33,7	52,5
Carga de cisalhamento recomendada (kN)	fck≥20 Mpa	4,7	7	10,5	15	27	37
Adaptador com encaixe SDS Plus		490040			490041		

(1) Quando usar distância mínima entre chumbadores, deve-se reduzir as cargas em 30%.
(2) Quando usar distância mínima da borda, deve-se reduzir a carga de tração em 40%.
(3) Quando usar distância mínima da borda, deve-se reduzir a carga de cisalhamento em 50%.
(4) Para carga concreto com fck = 15 MPa, deve-se reduzir a carga de tração em 20%

Tabela 1: Especificações chumbadores químicos

IÇAMENTO DOS PILARES

Para concretar a placa de base junto à fundação é preciso locá-la na armadura da fundação e soldá-la a alguns pontos para que não se desloque durante a concretagem.

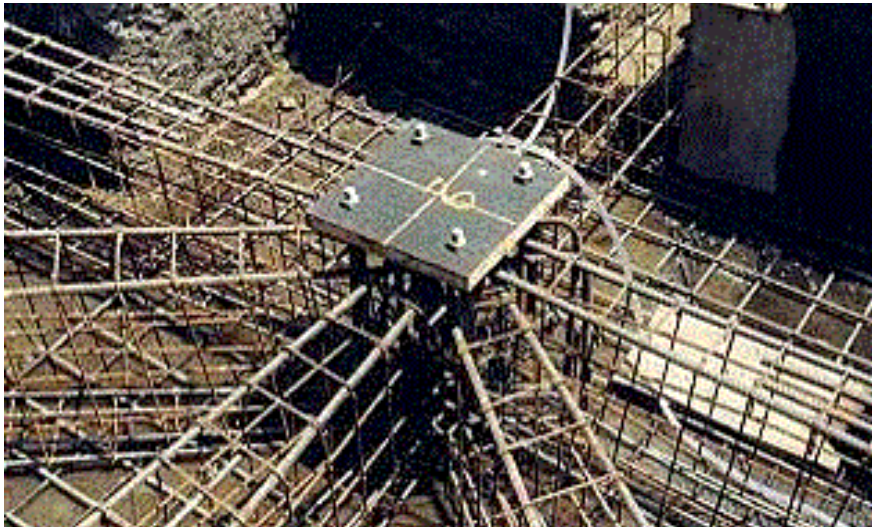


Figura 2: Placa de base soldada à armadura da fundação (site Metálica – 2016)

PlanMetal
Estruturas Metálicas

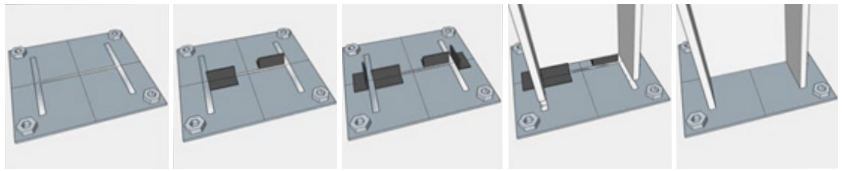
Para o içamento do pilar é importante decidir o ponto pelo qual ele será içado, normalmente pela extremidade superior ou pelo centro.

É recomendado que o ponto de içamento tenha um olhal soldado ou outra ferramenta para melhor fixação da corda ou corrente no pilar. O pilar deve ser posicionado, horizontalmente, no chão de forma que o ponto de içamento esteja bem próximo da placa de base onde o pilar será fixado. O içamento deve ser feito com cautela, já que o pilar sofrerá rotação, movimentando-se por uma grande área. Quando o pilar estiver praticamente na vertical, é preciso posicioná-lo conforme o desenho abaixo para sua fixação.

FIXAÇÃO DOS PILARES

PILAR COM CHAPA SOLDADA EM CAMPO

A fixação dos pilares na placa de base se faz com auxílio de cantoneiras. Duas ou mais cantoneiras são soldadas à placa de base servindo de guia para delimitar o local exato em que o pilar deverá ser colocado. Após esse procedimento, faz-se alguns pontos de solda no pilar para mantê-lo estático e desfaz-se as soldas das cantoneiras para que sejam retiradas da placa de base. Por último o pilar é completamente soldado à placa de base, de forma contínua por todo perímetro.



Marcar o perfil na placa para que as cantoneiras possam ser soldadas corretamente

Soldar as cantoneiras faceando as laterais da alma do pilar

Se julgar necessário soldar cantoneiras faceando as superfícies extremas da mesa

Psicionar o pilar utilizando as cantoneiras como guia. Dar alguns pontos de solda no pilar para retirar as cantoneiras

Retirar as cantoneiras e soldar completamente o pilar, de forma contínua por seu perímetro

Figura 3: Fixação do pilar

Para execução das conexões soldadas, o montador dispõe das informações contidas nos diagramas de montagem e nas listas de eletrodos referentes aos detalhes de solda (Figura 5), à localização das conexões soldadas, ao tamanho ou tipo de eletrodo, ao tipo da junta (Figura 4).

Qualquer outro tipo de operação, como, por exemplo, se há ou não necessidade de pré-aquecimento, deve vir especificado para o montador no procedimento da solda.

Todas as partes de superfícies que recebem solda devem ser totalmente limpas, de modo a ficarem isentas de matérias estranhas como tintas, graxas e etc.

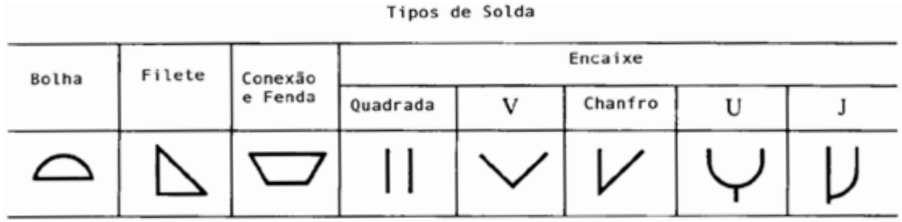


Figura 4: Tipos de solda

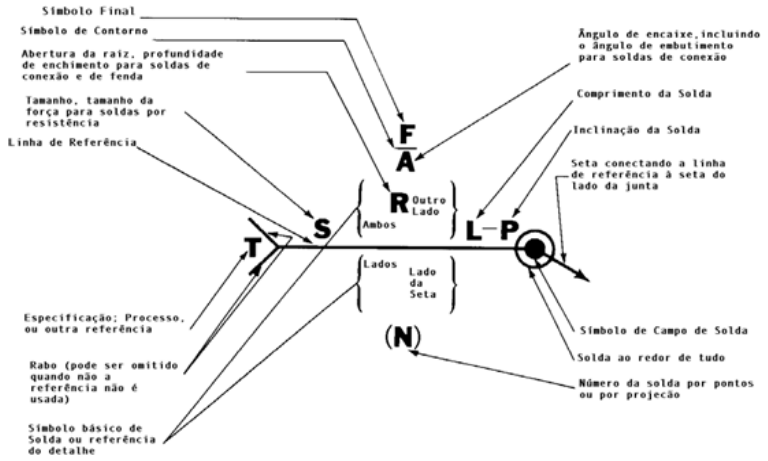


Figura 5: Especificações de solda metálica

PILAR COM CHAPA SOLDADA NA FÁBRICA

Havendo nicho para receber os chumbadores, suas paredes deverão ser ásperas e o concreto de enchimento deverá ter fck≥1,8 kN/cm², ser vibrado e evitar retração. Nivelamento das bases - O nivelamento das bases deverá ser feito por meio de calços num mínimo de quatro, ou por meio de parafuso colantes presos ás placas de base. Após o nivelamento, com a coluna montada e aprumada, o espaço entre o fundo da placa de base e o topo de concreto (25 mm a 50 mm) deverá ser preenchimento por uma argamassa (Grout) com traço areia cimento 1:2 e possuir resistência igual ou maior que a do concreto da fundação.

Em caso de bases de grandes dimensões e sujeita e grande cargas, usar um grande expansor, Sika Grout ou similar, de forma a evitar os vazios e a retração, e deixar um furo próximo ao centro de base de aproximadamente 50mm, para facilitar o enchimento e a saída de ar.

EMENDA DE PILAR

Os pilares com comprimento maior que 12 m (padrão máximo de chapas perfis) devem ser emendados na fábrica ou no canteiro durante o processo de montagem. A junta mais simples e, por isso, a mais recomendável, é a junta direta topo a topo, com penetração total.

Outro tipo muito comum é a emenda com talas de junção; nesse caso, as talas devem ter a mesma área da parte a ligar (podendo ser soldadas ou parafusadas) e comprimento suficiente para transmitir cargas.

JUNTA DIRETA COM PENETRAÇÃO TOTAL

Para a utilização dessa junta é necessário que as partes que serão juntas para emenda sejam chanfradas, de forma que quando encostadas formem um "V". Deve-se realizar esta função em local adequado: previsto para soldagem, que não possuam materiais inflamáveis ou combustíveis, com barreira contrafogo e contra respingos.

As peças devem ser dispostas de forma estável e na posição adequada, serem bem limpas a fim de não causar problemas na solda, e só então soldadas.

TALAS DE JUNÇÃO

Em se tratando de tala de junção, as peças a serem emendadas devem estar dispostas na horizontal. Se for escolhido a opção de tala parafusada, tanto as talas quanto a partes do pilar devem ter seus furos feitos em fábrica, assim na obra necessário, somente, parafusar a ligação.

Por outro lado, se for escolhido a opção de tala soldada, é preciso marcar o local exato da fixação da tala, conforme desenho. Posicioná-la da maneira correta, soldar em alguns pontos para impedir a movimentação, então soldá-la com solda do tipo filete.

3.7.1.5 INSPEÇÃO

ALINHAMENTO DAS PLACA DE BASE

As linhas da base da coluna deverão ser estabelecidas como paralelas, mantendo-se o gabarito com uma tolerância de no máximo 3mm, podendo variar um pouco para mais ou para menos.

ELEVAÇÃO DAS PLACA DE BASE

A elevação das placas de base poderá diferir, no máximo, de 2 mm de sua elevação teórica.

O nivelamento das placas deverá ser tal que a diferença da elevação entre dois pontos quaisquer, longitudinal ou transversal, não exceda 0,25 mm. Quando duas placas isoladas servem de base para uma mesma coluna, a diferença entre elas não deve ser superior a 0,25 mm.

LOCAÇÃO DE CHUMBADORES

Os chumbadores e ou parafusos de ancoragem devem ser instalados de acordo com o prescrito nos diagramas de montagem.

As tolerâncias de locação devem de acordo com os seguintes limites:
- 3mm de centro a centro de dois chumbadores quaisquer dentro de um grupo de chumbadores, sendo "grupo de chumbadores" definido como o conjunto que recebe uma peça única da estrutura;
- 6mm de centro a centro de grupos adjacentes de chumbadores;
- valor máximo acumulado entre grupos de chumbadores igual a 6mm, para cada 30 metros de comprimento medido ao longo da linha estabelecida para os pilares através de vários grupos, não podendo ultrapassar um total de 25mm.

PRUMO DOS PILARES

Pilares formados por uma única peça são considerados prumados se o desvio da linha de trabalho em relação a uma linha de prumo não seja superior a 1:500, e estão sujeitos às seguintes limitações:

- pilares adjacentes a poços de elevadores podem estar deslocados no máximo 25 mm nos primeiros 20 andares. Acima deste nível o deslocamento de 1mm para cada andar adicional é permitido, até no máximo 50 mm;
- o deslocamento de pilares de fachada é de no máximo 25 mm da fachada para fora, e no máximo 50 mm no sentido oposto nos primeiros 20 andares. Acima disso o deslocamento permitido é de 2 mm por andar, sem exceder 50 mm da fachada para fora, e de 75 mm no sentido oposto;
- o deslocamento dos pilares de fachada, na direção da fachada, pode ser de até 50 mm nos primeiros 20 andares e pode aumentar 2 mm por andar sem que seja ultrapassado o deslocamento total de 75 mm.

AJUSTE DE LIGAÇÕES COMPRIMIDAS EM PILARES

Podem ser aceitas frestas não superiores a 1,5 mm em emendas de pilares, independentemente do tipo de emenda usado - parafusada ou soldada com penetração parcial. Se a fresta for maior que 1,5 mm, porém menor que 6 mm, e se for verificado que não existe área de contato suficiente, a fresta deve ser preenchida com calços de aço de faces paralelas, os quais podem ser em aço carbono.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.7.2 VIGAS

3.7.2.1 EPIs NECESSÁRIOS

Para a montagem das vigas no canteiro de obras é necessária a utilização dos seguintes EPI'S:

3.7.2.2 EQUIPAMENTOS

Para a montagem das vigas no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes equipamentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:

- MID (Moto-içador Deslizante)
- Caminhão Munck
- Guincho
- Grua
-Mini-grua

3.7.2.3 INSTRUMENTOS

Para a montagem das vigas no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes instrumentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:

- Solda
- Torquímetro
- Chave de fenda
- Prumo
- Esquadro

3.7.2.4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA

IÇAMENTO DA VIGA

Para o içamento da viga é recomendado que nas extremidades da mesma seja fixado um olhal ou outra ferramenta para que a alça seja instalada de forma adequada.
A peça deve ser colocada no chão com a face superior virada para cima, da mesma forma como ela será inserida na estrutura. Com um cabo de aço, deve-se fazer uma "alça" que possa ser presa nas duas extremidades da viga, a fim de permitir somente a rotação na horizontal (eixo z). O gancho do aparelho de içamento é colocado nesta alça e assim a viga é içada para o local adequado.

Quando a viga é içada sem a alça, utilizando-se de um único ponto, é recomendado que este içamento seja feito devagar e que sejam amarradas cordas nas extremidades para que dois funcionários ajudem a impedir as rotações da viga. Outra opção é amarrar a corda somente em uma extremidade e utilizar um pilar como guia. Enquanto ainda içada, a peça deve ser posicionada no local em que será fixada.

EMENDA DA VIGA

Não é muito comum a necessidade de ser fazer uma emenda de viga, porém se houver essa necessidade, deverá ser utilizada a junta direta com penetração total, da mesma forma que o pilar.

Para a utilização deste tipo de junta é necessário que as partes que serão fixadas pela emenda sejam chanfradas, de forma que quando encostadas formem um "V". Deve-se realizar esta função em local adequado para soldagem, ou seja, que não possuam materiais inflamáveis ou combustíveis, com barreira contra fogo e contra respingos.

As peças devem ser dispostas de forma estável e na posição adequada, serem bem limpas a fim de não causar problemas na solda, e só então soldadas.

CHAPAS DE LIGAÇÃO DE CAMPO

A facilidade de execução das emendas de campo depende basicamente de sua concepção durante a fase de detalhamento. As ligações de campo são feitas por meio de parafusos ou de solda e raramente por meio de rebites (quase que exclusivamente aos serviços de reparo em antigas estruturas).

O emprego de espinhas em furos destinados a parafusos, durante a montagem, não deve deformar o material ou alargar os furos. Devem ser rejeitados os furos com erros grosseiros de coincidência.

As superfícies de ligação, incluindo as adjacentes às cabeças dos parafusos, porcas ou arruelas, devem estar isentas de escamas de laminação, rebarbas, protuberâncias, sujeiras ou qualquer outra matéria estranha que possa prejudicar o perfeito assentamento das partes. As superfícies em contato com ligações por atrito devem estar isentas de óleo, verniz ou outros revestimentos, exceto os indicados na tabela abaixo.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

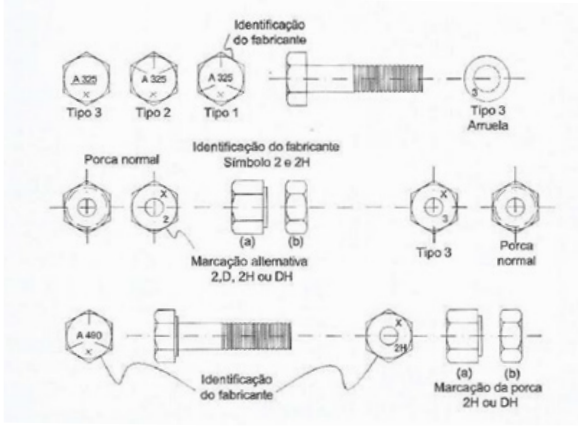


Figura 6: Parafusos de alta resistência

As ligações permanentes soldadas ou parafusadas só devem ser finalizadas após a parte da estrutura, que vai se tornar rígida depois da execução de tais ligações, ser devidamente alinhada, nivelada e aprumada.

CHAPAS DE LIGAÇÃO DE CAMPO

Os parafusos ASTM A307, também conhecidos como parafusos comuns, são geralmente utilizados em conexões de peças secundárias, não sujeitas a esforços dinâmicos, como terças, vigas de tapamento, etc. as porcas correspondentes a esses parafusos devem ser apertadas de acordo com as especificações, de modo a evitar seu afrouxamento. Para tanto quando necessário, pode-se se usar arruelas de travamento, porcas de travamento, amassamento da rosca.

Os parafusos de alta resistência ASTM A325, A490 ou equivalentes, são usados em ligações muito solicitadas ou sujeitas a cargas dinâmicas. Podem ser empregados em conexões a esmagamento, em que o esforço se transmite pelo contato do corpo do parafuso com a parede do furo, ou em conexões tipo fricção, pelo atrito entre as peças.

A NBR 8800, diz: "Os parafusos de alta resistência devem ser apertados de forma a obter uma força mínima de protensão adequada a cada diâmetro e tipo de parafuso usado, como indicado na tabela abaixo, independentemente de a ligação ser por atrito ou por contato. O aperto deve ser aplicado pelo método da rotação da porca, da chave calibrada, ou do indicador direto de tração, conforme tabela abaixo.

Ø parafuso		A 325						A 490					
		Tração mínima (Tm)		Tração recomendada para calibragem (b)		Torque(c) aproximado		Tração mínima		Tração recomendada Para calibragem (b)		Torque (c) aproximado	
Pol.	mm	tf	kN (d)	tf	kN	kgm	Nm	tf	kN	tf	kN	kgm	Nm
½	12,7	5,4	53	5,7	56	14	137	6,8	66	7,0	69	18,6	183
5/8	16	8,6	85	9,0	89	27	265	10,9	106	11,3	111	36,6	359
¾	19	12,7	125	13,3	131	48	471	15,9	156	16,7	164	63,4	622
7/8	22	17,7	173	18,6	182	79	775	22,2	216	23,1	227	102,6	1007
1	25,4	23,1	227	24,2	238	118	1157	28,8	283	30,2	297	152	1494
1 1/8	28,6	25,4	250	26,7	262	145	1422	36,4	357	38,2	375	213	2089
1 ¼	32	32,2	317	33,8	333	205	2011	46,2	453	48,5	476	310	3047
1 3/8	35	38,5	380	40,4	399	270	2648	54,8	538	57,5	564	403	3952
1 ½	38	46,8	460	49,1	483	355	3482	67,2	659	70,6	692	535	5245

Tabela 2: Força mínima de protensão nos parafusos e valor de torque

ARRUELAS

Arruelas comuns ou arruelas de travamento podem ser usadas para os parafusos comuns ASTM A307. Deverão ser usadas arruelas endurecidas nas seguintes situações:

- Sob o elemento que gira (porca ou cabeça do parafuso) durante o aperto, no caso de parafusos A490 apertados pelo método de rotação da porca e no caso de parafusos A325 ou A490 apertados com chave calibrada (isto é, por controle de torque)

- Sob o elemento que não gira durante o aperto, no caso de parafusos A490, quando esse elemento se assenta sobre um aço estrutural com limite de escoamento inferior a 28kN/cm² (2,8tf/cm²).

APERTO PELO MÉTODO DA ROTAÇÃO DE PORCA

Quando for usado o método de aperto pela rotação da porca para aplicar a força de protensão mínima especificada na tabela acima, deve haver número suficiente de parafusos na condição de pré-torque, de forma a garantir que as partes estejam em contato. A condição de prétorque é definida como o aperto obtido após poucos impactos aplicados por uma chave de impacto, ou pelo esforço máximo aplicado por um indivíduo usando uma chave normal. Após esta operação inicial, devem ser colocados parafusos nos furos restantes.

Esses parafusos também devem ser levados à condição de pré-torque. Todos os parafusos de ligação deverão então receber um aperto adicional, através da rotação aplicável da porca, como indicado na tabela abaixo. Esta operação deve começar na parte mais rígida da ligação e prosseguir em direção às bordas livres. Durante essa operação, a parte oposta àquela em que se aplica a rotação não pode girar.

Comprimento do parafuso (medido da parte inferior da cabeça à extremidade)	Disposição das faces externas das partes parafusadas		
	Ambas as faces normais ao eixo do parafuso	Uma das faces normal ao eixo do parafuso e a outra face inclinada não mais que 1:20 sem arruela biselada)	Ambas as faces inclinadas em relação ao plano normal ao eixo do parafuso não mais que 1:20 (sem arruelas biseladas)
Inferior ou igual a 4 diâmetros	1/3 de volta	1/2 volta	2/3 de volta
Acima de 4 diâmetros até no máximo 8 diâmetros, inclusive	1/2 volta	2/3 de volta	5/6 de volta
Acima de 8 diâmetros até no máximo 12 diâmetros (b)	2/3 de volta	5/6 de volta	1 volta

Tabela 3: Rotação da porca a partir da posição de pré-torque

APERTO COM CHAVE CALIBRADA

Quando forem usadas chaves calibradas, elas devem ser reguladas para fornecer uma protensão pelo menos 5% superior à protensão mínima dada na tabela do item 2.5.

As chaves devem ser calibradas pelo menos uma vez por dia de trabalho, para cada diâmetro de parafuso a instalar.

Caso sejam usadas chaves manuais com torquímetro, quando o torque for atingido as porcas deverão estar em movimento de aperto. Durante a instalação de diversos parafusos na mesma ligação, aqueles já apertados previamente devem ser testados com a chave e reapertados caso tenham folgado durante o aperto dos parafusos subsequentes, até que todos os parafusos atinjam o aperto desejado.

REUTILIZAÇÃO DE PARAFUSOS

Os parafusos A490 e os parafusos A325 galvanizados não podem ser reutilizados. Os demais parafusos podem ser reutilizados uma vez, se houver aprovação do engenheiro responsável. O reaperto de parafusos previamente apertados e que se afrouxarem durante o aperto de parafusos vizinhos não é considerado como reutilização.

Para evitar erros na colocação dos parafusos, o montador deve trabalhar com a lista de parafusos de campo elaborada pelo detalhamento, que indica, para cada junção, quais os diâmetros, tipos e comprimento que serão usados.

3.7.2.5 INSPEÇÃO

ALINHAMENTO DAS VIGAS

- O alinhamento horizontal de barras retas, não destinadas a balanço e sem emendas, é aceitável se o erro for resultante somente da variação de alinhamento dos apoios dentro dos limites admissíveis para fabricação e montagem.

- A elevação de barras retas ligadas a pilares não deve exceder 5 mm para cima ou 8 mm para baixo da elevação especificada nos desenhos.

- A elevação de barras retas não ligadas a pilares é aceitável se o erro for resultante somente da variação de elevação dos apoios dentro dos limites admissíveis para fabricação e montagem.

- Para uma barra reta destinada a um balanço, o prumo, a elevação e o alinhamento são aceitáveis se a variação angular da mesma, em relação ao desenho especificado, for igual a 1/500 do comprimento do balanço.

3.7.3 TRAVAMENTOS

3.7.3.1 EPIs NECESSÁRIOS

Para a montagem dos travamentos no canteiro de obras é necessária a utilização dos seguintes EPI'S:

3.7.3.2 EQUIPAMENTOS

Para a montagem dos travamentos no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes equipamentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:

- Extensores (caso de travamentos com barras redondas);
- Guinchos;
- Talha;
- MID;
- Caminhão Munck;
- Grua;
- Mini Grua;
- Guindaste;
- D.E.I.C.
- Balancim

3.7.3.3 INSTRUMENTOS

Para a montagem dos pilares no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes instrumentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:

- Solda
- Torquímetro
- Chave de fenda

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.7.3.4 SEQUÊNCIA EXECUTIVA

Em alguns edifícios, a estabilidade longitudinal é garantida pelos travamentos verticais entre pilares. Nesses casos a montagem deve começar pelo travamento definitivo ou provisório. A estabilidade lateral é conseguida pela montagem dos travamentos nos planos das terças ou das cordas inferiores das tesouras, chamados de horizontais.

Em montagem de pilares de grande altura, deve-se utilizar estais provisórios, compostos de cabos de aço e esticadores, devidamente ancorados na base ou na própria estrutura, até que sejam colocadas as estruturas definitivas.

O responsável pela execução da obra deve estar totalmente seguro de que os estais provisórios não fiquem sujeitos a choques de veículos ou equipamentos que possam eventualmente transitar na área de montagem, podendo ocasionar situações desagradáveis ou até mesmo colapso da própria estrutura, com risco para a integridade física dos operários.

3.7.4 COBERTURAS

3.7.4.1 EPIs NECESSÁRIOS

Para a montagem das coberturas no canteiro de obras é necessária a utilização dos seguintes EPI'S:

3.7.4.2 EQUIPAMENTOS

Para a montagem das coberturas no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes equipamentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:

- Guincho
- Talha
- Balancim

3.7.4.3 INSTRUMENTOS

Para a montagem das coberturas no canteiro de obras podem ser utilizados os seguintes instrumentos, de acordo com as necessidades específicas de cada caso:

- Solda
- Torquímetro
- Chave de fenda
- Parafusadeira
- Lixadeira

3.7.4.4 COMPONENTES

TESOURAS

As armações tipo tesouras correspondem ao sistema de vigas estruturais treliçadas, formadas por barras situadas em um único plano, ligadas umas às outras em suas extremidades por nós, em forma de triângulos interligados formando uma cadeia rija, triangular, apoiada nas extremidades.

Seu içamento é semelhante ao da viga maciça, porém há necessidade de um espaço maior para seu deslocamento vertical. Por sua dimensão avantajada é melhor que a alça não seja fixada nas extremidades, mas em pontos pouco menos afastados do centro.

TRELIÇAS ESPACIAIS

A treliça espacial é uma estrutura formada por elementos de barra, não coplanares, ligadas umas às outras por dispositivos chamados nós.

TERÇA

As terças são elementos utilizados como apoio para as telhas metálicas. Como possuem dimensão e peso menores que as vigas, tesouras ou treliças espaciais, podem ser transportadas até a cobertura com os equipamentos de içamento já mencionados ou somente com a talha. Após levadas para a cobertura, elas devem ser posicionadas conforme desenho e fixadas com a ligação adequada.

TELHAS

Há alguns tipos de telhas disponíveis no mercado, determinados pela forma da sua seção transversal, e que serão explorados a seguir.

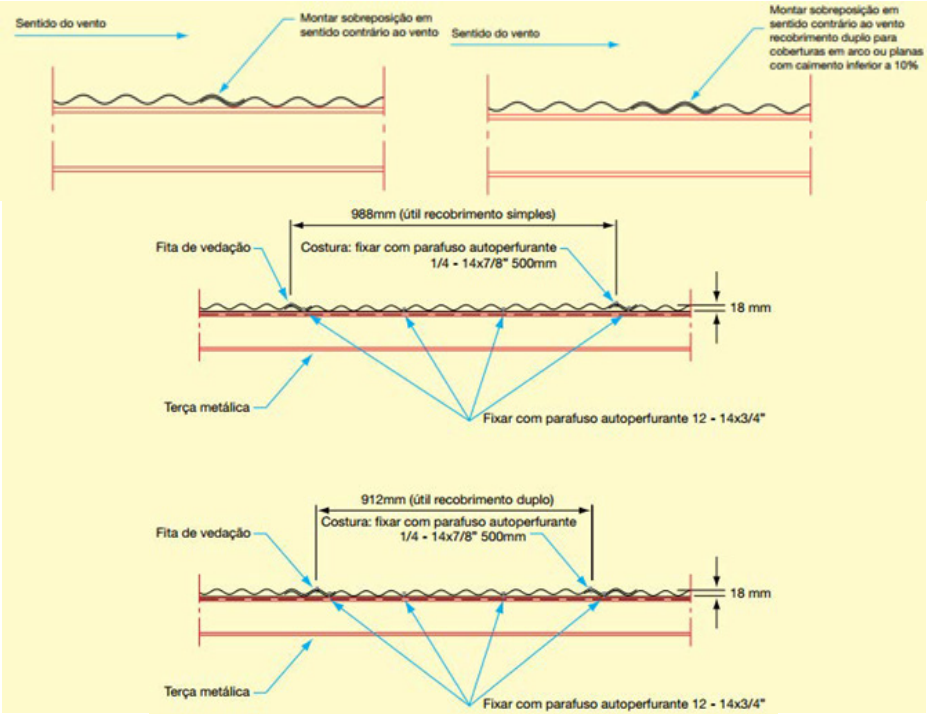
TELHAS ONDULADAS

As telhas de perfil ondulado possuem suas seções transversais análogas a uma sucessão de ondas senoidais e têm como características a baixa altura e a ausência de qualquer trecho plano.

A altura recomendada na NBR 14513 para telhas onduladas é de 18 mm. Esta característica traz vantagens como a flexibilidade do perfil (menores deformações) e o faz ser empregado com maior frequência em coberturas arqueadas, uma vez que sua adaptabilidade à curvatura do telhado é maior e por consequência exige menos esforço dos montadores.

Além de recomendações, a Norma define conceitos como: Passo, Recobrimento Lateral, Recobrimento Longitudinal, Largura Total, Largura Útil e Altura. Termos estes que podem ser consultados na norma citada quando necessário.

A seguir, encontra-se o diagrama da sequência de montagem de telhas onduladas retiradas do Manual de Telhas da ABCEM.



TELHAS TRAPEZOIDAIS

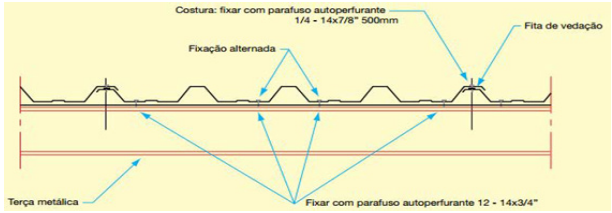
As telhas de perfil trapezoidal possuem suas seções transversais análogas a uma sucessão de trapézios.

Existem diversos tipos de telhas trapezoidais no mercado, que têm como principal divergência suas alturas. A escolha da telha mais adequada varia de acordo com a especificação de cada projeto, que deve sempre buscar a melhor performance de qualidade em função da altura do trapézio escolhido.

Este tipo de telha é usualmente empregada em empreendimentos industriais de grande porte, pois permite a racionalização do layout interno, a redução do tempo de montagem e o aumento da durabilidade da edificação.

A Norma NBR 14513 define conceitos como: Mesa, Alma, Passo, Canal, Recobrimento Lateral, Recobrimento Longitudinal, Largura Total, Largura Útil, Altura e Nervura (Bit). Termos estes que podem ser consultados na norma citada quando necessário.

A seguir, encontra-se o diagrama da sequência de montagem de telhas trapezoidais retiradas do Manual de Telhas da ABCEM.



TELHAS ZIPADAS

Este tipo de telha dispensa transporte, pois é fabricada diretamente no canteiro de obras, com o auxílio de uma ferramenta perfiladeira especial portátil. Isto permite que as telhas sejam produzidas em peças únicas de grandes comprimentos, de modo que emendas ou sobreposições de peças são desnecessárias. Para junções entre peças adjacentes lateralmente, dispensa-se o uso de parafusos, sendo feita a junção em seu comprimento através do que se chama costura mecânica, ou zipagem das suas abas de sobreposição lateral.

A conexão entre a telha e a estrutura de apoio é feita por meio de uma peça denominada clip, que é fixado à estrutura com um parafuso, e à telha também por meio de zipagem. Desta maneira a cobertura fica muito estanque, pois não há perfurações ou parafusos aparentes. De modo a evitar problemas causados por dilatações e contrações térmicas, os clips devem ser do tipo deslizante, permitindo as movimentações das telhas.

TELHAS AUTOPORTANTES

Consistem em telhas de perfis altos, de 100 a 400 mm. Isto determina um espaçamento maior entre os apoios nas terças, que podem ter maiores vãos livres entre si. Este tipo de solução apresenta custo elevado, porém reduz-se o gasto com estrutura, o que pode resultar em economia.

TELHAS CURVAS

Estas telhas já saem do fabricante conformadas segundo o padrão demandado pelo cliente, e podem ser de dois tipos, de acordo com a maneira de se curvar o aço:

-Calandrada: As telhas são encurvadas por meio de uma calandra. As passagens necessárias são tantas quanto menor for o raio de curvatura especificado, e são feitas começando por ambas as extremidades da telha, de modo que a peça fique inteiramente curvada. O processo fornece acabamento superficial liso e uniforme, geralmente igual ao do perfil original. O limite de comprimento recomendado para este tipo de telha é de 8 m, devido à dificuldades envolvidas no manuseio de peças muito grandes;

-Multidobra: As telhas são submetidas a várias dobras transversais sucessivas para atingirem a curvatura exigida, e a cada dobra a telha é levemente arqueada, o que permite a execução de telhas com raios variáveis e trechos retilíneos. Entretanto, o raio de curvatura mínimo geralmente é muito reduzido, e o processo de multidobra é empregado em telhas mais altas. Diferentemente das telhas calandradas, possuem acabamento determinado pelas nervuras transversais resultantes das dobras. Também possuem restrições de comprimento, limitado a 6 m, em razão das complicações no transporte e manuseio das peças no canteiro.

3.7.4.5 SEQUÊNCIA EXECUTIVA

A primeira etapa do processo de montagem de coberturas metálicas é a verificação das dimensões, que devem estar indicadas no projeto. São usualmente verificados: comprimento, largura, espaçamento, nivelamento da face superior e o paralelismo nas terças.

A montagem das telhas deve ser iniciada no beiral da cumeeira e seguir direção contrária à do vento. Para o fechamento lateral, o alinhamento e o prumo das terças, bem como o alinhamento longitudinal das telhas são essenciais.

No caso de coberturas de duas águas opostas, a montagem de ambos os lados deve ocorrer de forma simultânea, a fim de que haja coincidência das ondulações na cumeeira.

É importante lembrar que o furo para a posterior fixação deve ser feito a uma distância mínima de 25 mm da borda da telha e que é recomendada a colocação de três conjuntos de fixação por telha e por apoio. Para o recobrimento lateral das telhas, devem ser usados parafusos de costura espaçados no máximo a cada 500 mm.
Durante a montagem, é necessário retirar as limalhas de furação e corte da superfície da cobertura, pois as mesmas, quando quentes, grudam na película da tinta e enferrujam rapidamente, facilitando o processo de corrosão do metal.

Visando a obtenção de maior segurança no canteiro, é interessante a adoção do método de trabalho sobre tábuas apoiadas em no mínimo em três terças. Assim, os funcionários responsáveis pela montagem podem se deslocar sobre a cobertura em maior segurança. Nos casos em que o caimento é considerável, deve-se amarrar as tábuas às terças e pregar travessas.

As imagens a seguir, retiradas do Manual Técnico de Telhas de Aço da ABCEM, indicam a correta realização do procedimento descrito anteriormente.

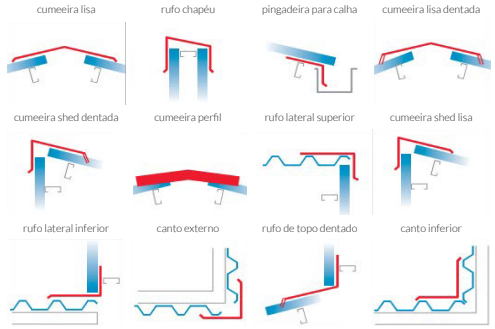
Visando a obtenção de maior segurança no canteiro, é interessante a adoção do método de trabalho sobre tábuas apoiadas em no mínimo em três terças. Assim, os funcionários responsáveis pela montagem podem se deslocar sobre a cobertura em maior segurança. Nos casos em que o caimento é considerável, deve-se amarrar as tábuas às terças e pregar travessas.

As imagens a seguir, retiradas do Manual Técnico de Telhas de Aço da ABCEM, indicam a correta realização do procedimento descrito anteriormente.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

ARREMATES

A imagem abaixo foi retirada do Capítulo 5 do Manual Técnico de Telhas de Aço da ABCEM e contém diagramas dos arremates utilizados em coberturas metálicas.



ACESSÓRIOS

Na montagem de coberturas metálicas, a utilização das telhas adequadas não é suficiente para garantir a qualidade do resultado final em termos de vedação e durabilidade. Para alcançar a conclusão esperada, é também muito importante o uso de acessórios de alto padrão combinados a escolha das telhas.

Os acessórios que são usualmente empregados na montagem de coberturas metálicas estão listados a seguir, acompanhados de suas indicações de uso:

-Fita de vedação: deve ser sempre utilizada em situações críticas de sobreposição de telhas, tanto quando ocorre na transversal quanto na longitudinal;

-Fechamento de ondas: deve ser utilizada na linha de calha e nas cumeeiras para evitar infiltrações e entrada de aves;

-Ganchos e calços: utilização opcional, de acordo com a preferência do cliente. Recomenda-se a seleção de um material com garantia de galvanização e durabilidade;

-Massa poliuretânica: deve ser sempre utilizada em locais de acabamento difícil, arremates e encontros especiais;

-Parafusos autoperfurantes: recomenda-se a escolha de parafusos com acabamento aluminizado de boa qualidade e, opcionalmente, com cabeça inox. São utilizados para a fixação de telhas metálicas, policarbonato e fibra em terças de metal e para a sobreposição de telhas (costura) e união de chapas finas;

-Decktite: é um arremate de borracha utilizado para vedar pequenas aberturas na cobertura e em fechamentos laterais, permitindo que tubulações transpassem as telhas, com o objetivo de garantir a estanqueidade da obra. Possui diâmetros de 50,8 mm podendo chegar a 482,60 mm, dependendo da especificação das tubulações em projeto.

3.8 PINTURA

Com a estrutura montada e fixada, faz-se o retoque final da pintura na obra. Para isso, devem ser considerados dados como: o meio ambiente e sua agressividade, o tipo de tinta, a preparação da superfície, a sequência de aplicação, o tipo de aplicação e as condições de trabalho a que estará submetida a superfície.

Para garantir um bom resultado, é necessário que durante a aplicação da tinta a superfície esteja isenta de pó, ferrugem, carepas, óleos ou graxas, e a umidade relativa do ar não deve ser superior a 85%.

A pintura final da estrutura é normalmente feita com tintas epóxi de alta performance, com ótima relação custo e benefício. Estas tintas bicomponentes, contendo o pré-polímero epóxi e o agente de cura, podem ser executadas com pincéis, rolos ou por jateamento.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

Segundo a norma ISO 12944-2, os ambientes atmosféricos podem ser classificados em cinco categorias de corrosividade:

- C1: muito baixa agressividade;
- C2: baixa agressividade;
- C3: média agressividade;
- C4: alta agressividade;
- C5-I: muito alta agressividade – industrial;
- C5-M: muito alta agressividade – marinha.

A Tabela III define as categorias de agressividade em termos de perda de massa (ou espessura) de espécimes padronizados, confeccionados em aço de baixo carbono, expostos à atmosfera e retirados após 365 dias de exposição. Os detalhes da confecção dos corpos de prova, assim como o tratamento anterior e posterior à exposição, podem ser encontrados na norma ISO 922621. Se, porventura, não for possível a exposição de corpos de prova padronizados no ambiente de interesse, a categoria de agressividade poderá ser estimada através da simples consideração de ambientes típicos, também descritos na Tabela III. Os exemplos listados são informativos e, ocasionalmente, podem não ser adequados a um dado ambiente em particular. Somente a medida de perda de massa ou espessura fornecerá a classificação correta.

Tabela III: Corrosividade dos ambientes para o aço-carbono, segundo a ISO 12944-2[20].

Categoria de agressividade	Perda de massa e espessura para aço baixo carbono, após 365 dias de exposição		Exemplos de ambientes típicos (informativo)	
	Perda de massa (g/m²)	Perda de espessura (µm)	Exterior	Interior
C1 (muito baixa)	≤ 10	≤ 1,3	—	Edificações condicionadas para o conforto humano (residências, escritórios, lojas, escolas, hotéis).
C2 (baixa)	> 10 a 200	> 1,3 a 25	Atmosferas com baixo nível de poluição. A maior parte das áreas rurais.	Edificações onde a condensação é possível, como armazéns e ginásios cobertos.
C3 (média)	> 200 a 400	> 25 a 50	Atmosferas urbanas e industriais com poluição moderada por SO2. Áreas costeiras de baixa salinidade.	Ambientes industriais com alta umidade e alguma poluição atmosférica, como lavanderias, fábricas de alimentos, laticínios, cervejarias, etc.
C4 (alta)	> 400 a 650	> 50 a 80	Áreas industriais e costeiras de salinidade moderada.	Ambientes como indústrias químicas e coberturas de piscinas.
C5-I (muito alta, industrial)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva.	Edificações ou áreas com condensação quase que permanente e com alta poluição.
C5-M (muito alta, marinha)	> 650 a 1.500	> 80 a 200	Áreas costeiras com alta umidade e atmosfera agressiva.	

3

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.9 DESMOBILIZAÇÃO DE CANTEIRO

A última etapa do processo de montagem, que antecede o controle de qualidade, é a limpeza do canteiro de obras. Neste momento, o montador deve remover todos os escoramentos provisórios, os resíduos resultantes da obra e quaisquer construções provisórias que ele tenha montado durante o processo, a fim de deixar o espaço pronto para ser entregue ao cliente.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.10 CONTROLE DE QUALIDADE

Para a entrega de uma obra livre de patologias, é necessário adotar uma abordagem sistêmica de verificação dos serviços executados. Esta abordagem é conhecida por controle de qualidade.

O controle de qualidade é, portanto, a medida empregada para conferir se os procedimentos, políticas e ações praticadas durante a execução das estruturas metálicas seguem os padrões, que estão definidos de maneira uniforme. Sendo assim, é uma importante ferramenta que assegura que o produto atenda às necessidades dos clientes.

Neste capítulo estão listados os procedimentos utilizados pela PlanMetal na realização do controle de qualidade.

3.10.1 TORQUEAMENTO DE PARAFUSOS

As juntas aparafusadas são a forma mais comum de unir componentes em razão das vantagens na facilidade da montagem e desmontagem, da produtividade e, por fim, do custo. Uma junta de alta qualidade depende de um processo de aperto de parafuso que proporcione a força necessária com um mínimo de dispersão possível.

O aperto manual é, geralmente, realizado com o auxílio de um torquímetro. A ferramenta é ajustada a um valor de torque predefinido, e o operador é notificado quando o torque correto é atingido. A utilização de equipamentos que possibilitem o controle e monitoramento do torque, do ângulo e do gradiente aumentam a confiança do processo.

3.10.2 ARRANCAMENTO DE CHUMBADORES

Recomenda-se fazer pelo menos um teste de arrancamento em um chumbador de sacrifício para testar a qualidade final do chumbador implantado.

Recomendações:

a) A profundidade de penetração é função direta do diâmetro (Φ) do chumbador;

b) Para a penetração deve ser desconsiderada a camada de cobrimento;

c) O diâmetro do furo deve permitir trabalhabilidade e garantir que o elemento químico envolva completamente o perímetro da barra;

d) Com relação ao componente químico-fixador, devem ser atendidas todas as recomendações do fabricante com relação ao preparo e tempo de aplicação;

3.10.3 ENSAIOS DE SOLDA

Ao funcionar como um detector de possíveis descontinuidades do material (como trincas, poros, dobras etc.) os ensaios de solda se configuram como um teste de qualidade do material e seu registro fotográfico é de grande relevância.

3.10.3.1 ENSAIO VISUAL

O Ensaio Visual é a avaliação de qualidade dos componentes fabricados por usinagem, soldagem ou qualquer outro processo produtivo por um inspetor qualificado, atuando de acordo com as exigências das normas e códigos vigentes.

A função do EV é garantir, sobretudo, a conformidade da execução da obra de acordo com o projeto e suas especificações, o acompanhamento e o controle do processo para minimizar ou eliminar as possíveis descontinuidades e a determinação da quantidade, tamanho e formato dos componentes montados.

3.10.3.2 LÍQUIDO PENETRANTE

O Ensaio por Líquido Penetrante consiste da aplicação, por um inspetor qualificado e de acordo com as exigências de segurança e as normas vigentes, de um líquido nas juntas, onde após a remoção do excesso desse líquido de sua superfície por um produto revelador, as descontinuidades – quando existem – aparecem visualmente sobre a superfície.

3.10.3.3 ADERÊNCIA DE PINTURA

O teste de aderência de pintura é feito por cortes cruzados em ângulo reto na película, de modo a alcançar o substrato (metal base), com o auxílio de estilete, gabarito ou aparelho cross-cut-tester (CCT).

O valor obtido deverá ser classificado seguindo a interpretação dos testes de aderência das tintas de acordo com a norma NBR 11003 sobre destacamentos na intersecção e ao longo das incisões dos testes de corte em X e em grade.

3.10.3.4 MEDIÇÃO DE PELÍCULA SECA

A medição da espessura de camada seca média em diferentes pontos da pintura é um procedimento de verificação contínua do padrão a ser atingido no processo de aplicação das proteções anticorrosivas. Seu resultado é responsável direto pela garantia e resistência da película nas solicitações de abrasividade, impermeabilidade e dureza final. E deve atender normas como: N-13 PETROBRAS, SSPC, ASTM, ISO e ASTM. O equipamento utilizado no procedimento é o medidor de camadas digital com sistema ultrassom não destrutivo, que preserva as camadas já aplicadas.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.11 MANUTENÇÃO

Manutenção é toda ação de acompanhamento e controle do estado de conservação e das condições de utilização, com vistas a garantir que determinado bem esteja apto a ser utilizado nas condições para as quais foi projetado. É comum, devido, entre outros motivos, à questão cultural e à falta do hábito do controle sistemático do estado de conservação, entender como manutenção apenas as medidas tomadas com o intuito de solucionar algum problema, de ordem funcional ou estética, ignorando-se o fato de que o resultado da aplicação planejada da manutenção é sinônimo de grande economia de recursos.

Em matéria de normatização das atividades de manutenção, o mercado brasileiro da construção civil dispõe basicamente de duas normas: a NBR 5674 – Manutenção de edificações – Requisitos para a gestão do sistema de manutenção e NBR 14037 – Manual de uso, conservação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos, recentemente em processo de revisão e consulta pública por parte da ABNT. Além das normas citadas, e em consonância com a evolução das exigências de qualidade por parte dos usuários, a partir de 2010 entrou em vigor a chamada Norma de Desempenho, a NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, que define o desempenho final dos sistemas componentes da obra, em detrimento do foco sobre os procedimentos construtivos, não se atendo aos métodos construtivos, e sim ao comportamento do produto quando em uso.

Tabela 01 – Classificação dos defeitos nas estruturas metálicas.

Tipo	Componente	Subtipo
Contaminação	Qualquer componente	Química Biológica
Deformação	Componentes Básicos	Deflexão Distorção Torção
	Ligações parafusadas / rebitadas	Deflexão Distorção Torção
	Ligações soldadas	Deflexão Torção
Deterioração	Componentes Básicos	Uniforme Localizada
	Ligações parafusadas / rebitadas	Uniforme Localizada
	Sistema de revestimento	Empolamento Enferrujamento Pulverulência Corrosão filiforme
	Ligações soldadas	Uniforme Localizada
Descontinuidade	Componentes básicos	Fenda Fratura
	Ligações parafusadas / rebitadas	Fenda Fratura
	Sistema de revestimento	Fenda Fratura Fissuração Delaminação Descascamento
	Ligações soldadas	Fenda Fratura
Deslocamento	Qualquer componente	Rotação Translação
Perda de material	Qualquer componente	**

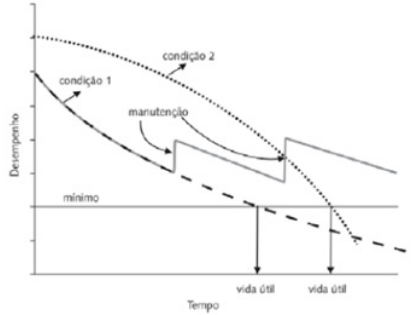
Tabela 02 – Tipo de defeitos e processos de degradação correspondentes

		Processos de degradação						
		Químicos e biológicos		Físicos	Outros eventos			
		Corrosão	Acumulo de detritos e pó	Fadiga	Impacto	Sobrecarga	Fogo	Acumulo de água
Tipos de defeitos	Contaminação	X	X				X	X
	Deformação		X		X	X	X	X
	Deterioração	X		X			X	X
	Descontinuidade	X		X	X	X	X	
	Deslocamento		X		X	X	X	X
	Perda de material	X		X	X	X	X	X

A durabilidade e os critérios de manutenção de uma estrutura não dependem apenas das propriedades dos materiais específicos, porém são resultados da interação entre o material e o ambiente que o cerca. A durabilidade das edificações depende, fundamentalmente:

- do ambiente em que ele está inserido;
- do projeto;
- da manutenção executada.

Logo, a vida útil é o período durante o qual um produto tem desempenho igual ou superior ao mínimo requerido, ou seja, em que as necessidades dos usuários são atendidas. A vida útil é, portanto, uma quantificação da durabilidade em determinadas condições.



Função de desempenho versus tempo descrevendo a durabilidade de um produto em determinadas condições ambientais. Atividades de manutenção podem recuperar o desempenho perdido, postergando o fim da vida útil.

3.11.1 ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

A qualidade de uma estrutura metálica depende, entre outras coisas, da escolha correta de serviços e materiais, de acordo com os parâmetros do projeto, especificações da obra e de normas técnicas pertinentes a cada caso. Os ensaios não destrutivos permitem atestar essas características e é uma garantia para vida útil da estrutura.

A aplicação dos ensaios não destrutivos é importante para o controle do processo de produção, bem como para a verificação do desempenho dos produtos em relação aos agentes e ações a que estarão submetidos no decorrer de sua vida útil.

Tabela 03 – Métodos de ensaios não destrutivos aplicáveis na construção civil Estruturas Metálicas.

Método	Fundamentos	Aplicação
Ensaio Visual	Aplicado em qualquer tipo de peça ou material, estando associados a outras técnicas de inspeção.	Verificação de alterações dimensionais, padrão de acabamento superficial, observação de descontinuidades superficiais, deformações, trincas, corrosão muitas outras.
Ensaio por Liquido Penetrante	O liquido penetrante é aplicado na superfície do material e absorvido por capilaridade, revelando após algum tempo as eventuais descontinuidades.	Detecção de descontinuidades superficiais em materiais não porosos, metálicos e não metálicos. Aplicável em peças com geometrias complexas.
Ensaio por ultra-som	Emissão de sinais acústicos de elevada freqüência que atravessam o material que é refletido nas descontinuidades ou superfície do material.	Detecção de descontinuidades e sua profundidade, verificação da espessura do material, qualidade juntas soldadas.
Partículas Magnéticas	A superfície do aço é magnetizada e pequenas partículas fosforescentes de ferro são aplicadas. Estas partículas são atraídas pela descontinuidade do campo magnético, identificando assim a fissura.	Fendas de superfície; verificando orientação de orifícios após remoção de rebites e antes da aplicação de parafusos pré-esforçados, verificação da presença de material com propriedades magnéticas diferentes.

Existem outras técnicas de inspeção por ensaios não destrutivos que podem ser utilizados para avaliação das estruturas metálicas, onde podemos citar:

- Ensaios eletromagnéticos em cabos de aço;
- Análise de vibração;
- Correntes Parasitas;
- Emissão Acústica;
- Ensaios Radiográficos;
- Estanqueidade;
- Termografia;
- Espessura e aderência da película de tinta seca;
- Holiday Detector (uniformidade da película seca).

3.11.2 FALHAS FREQUENTEMENTE ENCONTRADAS

Admitindo-se que as falhas encontradas no projeto analisado sejam aquelas observadas com mais frequência em estruturas construídas em aço, segue-se:

- **Corrosão localizada:** causada por deficiência de drenagem das águas pluviais e deficiências de detalhes construtivos, permitindo o acúmulo de umidade e de agentes agressivos;
- **Corrosão generalizada:** causada pela ausência de proteção contra o processo de corrosão;
- **Deformações excessivas:** causadas por sobrecargas ou efeitos térmicos não previstas no projeto original, ou deficiências na disposição de travejamentos;
- **Flambagem local ou global:** causadas pelo uso de modelos estruturais incorretos para verificação da estabilidade, deficiências no enrijecimento local de chapas, ou efeitos de imperfeições geométricas não considerados no projeto e cálculo;
- **Fratura e propagação de fraturas:** falhas iniciadas por concentração de tensões, devido a detalhes de projeto inadequados, defeitos de solda, ou variações de tensão não previstas no projeto.

3.11.3 NBR 14037 - MANUAL DE USO CONSERVAÇÃO E MANUTENÇÃO DAS EDIFICAÇÕES

Objetiva garantir a qualidade da documentação técnica produzida nas fases de projeto e execução, de modo que esta possa auxiliar no esclarecimento de dúvidas nas etapas de conservação, uso e manutenção. Alguns pontos importantes para a elaboração de um manual eficiente destacados pela NBR 14037 são relacionados e comentados a seguir.

- **Linguagem recomendada** - a recomendação é de que os manuais sejam elaborados de forma a informar, de maneira clara, as características técnicas das edificações; recomendar procedimentos de manutenção; determinar as condições de utilização e obrigações dos usuários no tocante à conservação.
- **Garantias e assistência técnica** - o manual informará ao usuário sobre os prazos de garantia, inclusive de equipamentos e serviços contratados de maneira terceirizada pela construtora. Serve, inclusive, como forma de proteção às empresas projetistas e/ou montagem, definindo e detalhando condições sob as quais o usuário perde as garantias previstas.
- **Programas de manutenção** - é o conjunto de medidas que deverão ser tomadas para que durante o decorrer da vida útil prevista sejam minimizados os efeitos dos eventos depreciativos e mantidas suas condições de uso e segurança.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

3.12 CONCLUSÕES

A PlanMetal visa auxiliar, por meio deste manual, na execução de estruturas metálicas e apresentar um panorama de como são os passos para uma obra bem elaborada dentro do âmbito empresarial.

Nota-se que para um empreendimento com o mínimo de defeitos e imprevistos durante sua concepção, é necessário que se faça um bom planejamento, elaborado a partir de projetos e diagramas de montagem que apresentem de forma clara e detalhada os layouts e interfaces da estrutura, a fim de agilizar os processos e garantir qualidade no resultado final.

É importante lembrar que todo procedimento descrito neste manual deve levar em conta a segurança dos funcionários envolvidos, sempre respeitando as normas regulamentadoras e assegurando a utilização dos EPI´s adequados à realização de cada tipo de serviço.

Os passos apresentados neste manual não necessariamente refletem os mesmos adotados por outras empresas ou construtoras. Este manual foi criado, entre outros motivos, devido à falta de um compêndrio específico para execução de estruturas em aço, e não pretende definir um padrão profissional de obrigações para os responsáveis pelo projeto, alterar obrigações e responsabilidades do contratante e empresas fornecedoras. Este manual não prevê também prescrever ao contratante, arquiteto ou engenheiro projetista quaisquer imposições ou autorizações que os obriguem a se comprometer com responsabilidades em discordância com os documentos contratuais.

As informações utilizadas para realização deste manual foram retiradas de algumas normas técnicas, sites, dissertações e livros que estão relacionados no item 1.3 deste manual, sobre Referências Normativas, complementadas por dados que refletem a vivência de obras e foram escritas por engenheiros e funcionários da PlanMetal.

ANEXOS

ANEXO 1

MONTAGEM DE ANDAIMES

PlanMetal

Estruturas Metálicas

ANDAIMES

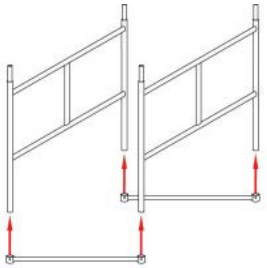
EPIs NECESSÁRIOS

INSTRUMENTOS

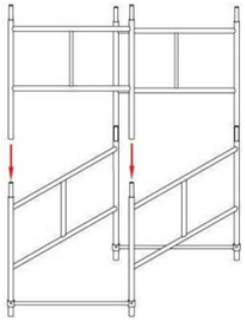
- painel
- diagonal
- ligação
- pisos para andaime
- sapatas fixas ou ajustáveis
- rodízio
- escada marinheiro
- guarda corpo para andaime
- forcado

INSTRUÇÕES DE MONTAGEM

1. Encaixar as ligações na base (sapata fixa, sapata ajustável ou rodízio);
2. Colocar dois painéis em paralelo e encaixá-lo nas ligações;



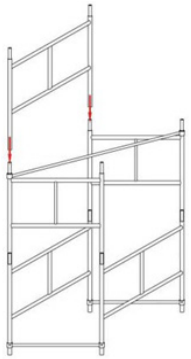
3. Encaixar mais dois painéis no sentido oposto aos painéis anteriores;



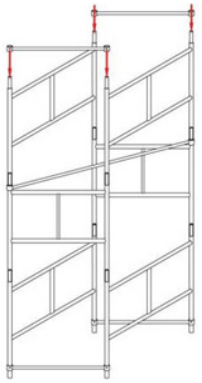
PlanMetal
Estruturas Metálicas

4. Após encaixe dos painéis, encaixar a diagonal. A cada três metros de altura deverá haver uma diagonal, sempre no sentido oposto à anterior formando um “X”

5. Continue colocando os painéis até a altura desejada, sempre variando o sentido em relação ao anterior.



6. Após a colocação dos últimos painéis encaixar ligações, travando-os conforme a figura. Levar em consideração a altura máxima permitida e as condições de segurança para instalação.



INSTRUÇÕES DE USO

- a altura das torres de andaimes em vão livre não pode exceder a quatro vezes a menor dimensão da base (um metro), se a altura exceder essa medida de quatro metros a torre deverá ser estaiada;
- nos andaimes que utilizarem rodízios, a altura máxima não pode exceder a quatro metros;
- nos andaimes que utilizarem rodízios a superfície deverá ser lisa e plana. Quando o andaime estiver em uso, os rodízios deverão estar travados;
- o acesso aos andaimes deve ser realizado sempre de forma segura e o operador utilizando os EPIs;
- todos os equipamentos e acessórios de segurança são indispensáveis, sendo proibida sua retirada;
- é terminantemente proibida a utilização de escadas sobre o piso de trabalho dos andaimes ou qualquer outro acessório que permita acessos além da altura do andaime;
- nunca deslocar o andaime com pessoas sobre o mesmo;
- é indispensável o uso dos sistemas de guarda corpo e escada nas torres de andaime;
- deve-se estar ciente do perigo de exceder o limite de carga de trabalho doas andaimes;
- deve-se verificar o andaime diariamente antes de iniciar o trabalho.

MANUTENÇÃO

- o andaime deverá ser examinado antes de ser utilizado, verificando-se todos os encaixes e parafusos;
- qualquer componente defeituoso deverá ser removido imediatamente, e enviado ao serviço de manutenção;
- nunca tente reparos provisórios.

SEGURANÇA

-Calce bem o andaime. Use as bases em terreno firme e esteja seguro de que o andaime está nivelado e reto.
-Inspecione. Verifique todos os componentes do andaime e seus acessórios, todo e qualquer andaime duvidoso deve ser separado para inspeção.
-Conforme a NR 18.15.6 os acessórios de segurança: guarda corpo, piso e escada são obrigatórios, sendo necessário a locação dos mesmos nos casos em que o cliente não os tenha.
-Conforme a NR 18.15.18 as torres de andaimes não podem exceder quatro metros de altura quando não estaiadas.
-Suba sempre pela parte interna do andaime, nunca pise nas diagonais.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

-Mantenha o local isolado com acesso somente para a equipe que usará o equipamento.
-Nunca exceda o peso sobre o andaime e nunca desloque o andaime com pessoas sobre ele.

CHECK-LIST

A lista abaixo deverá ser preenchida pelos responsáveis pela instalação, manutenção periódica e verificação diária do equipamento:

- verificar se os usuários do equipamento foram devidamente treinados, quanto a instalação, operação e procedimentos de segurança;
- verificar se os usuários do equipamento foram devidamente avisados quanto ao uso de EPIs;
- verificar se os cintos de segurança, tipo paraquedista, com dispositivo trava quedas sejam colocados em todos os usuários, engatados a cabos de segurança independentes e devidamente fixados à estrutura de trabalho;
- verificar os painéis, diagonais, ligações, apoios do andaime (sapatas fixas, sapatas ajustáveis ou rodízios), escadas e guarda corpo;
- verificar se todos os equipamentos de segurança estão devidamente montados;
-verificar a estabilidade do andaime e como ele está fixado ou apoiado;
- verificar carga de trabalho do andaime, para trabalhar dentro do limite admissível;
- verificar se todos os parafusos, porcas e travas estão devidamente fixados;
- isolar a área ao redor do andaime (principalmente as públicas).

ANEXO 2

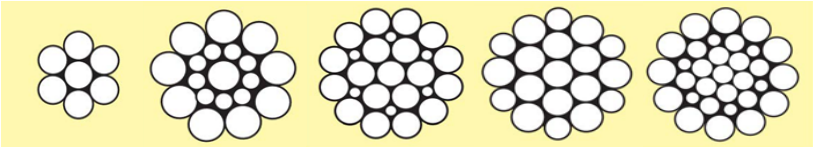
CABOS DE AÇO

PlanMetal

Estruturas Metálicas

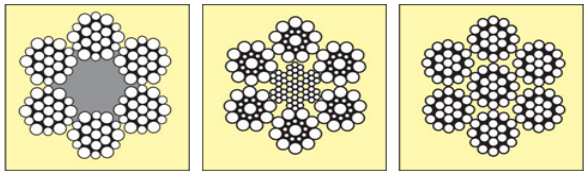
CABOS DE AÇO

TIPOS DE CABO DE AÇO



Composição simples // Composição Seale // Composição Filler// Composição Warrington // Composição Warrington-Seale

TIPOS DE ALMA



Cabo com Alma de Fibra AF (fibra natural) ou AFA (fibra artificial)

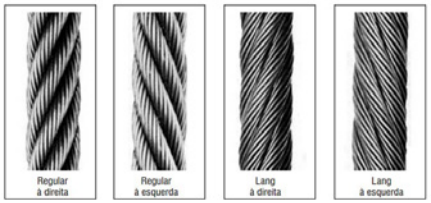
Cabo com Alma de Aço formada por Cabo Independente AACI

Cabo com Alma de Aço formada por uma perna AA

Almas de fibra: As almas de fibra em geral dão maior flexibilidade ao cabo de aço. As almas de fibras naturais são normalmente de sisal, e as almas de fibras artificiais são geralmente de polipropileno.

Almas de aço: As almas de aço garantem maior resistência ao amassamento e aumentam a resistência à tração. A alma de aço pode ser formada por uma perna de cabo (AA) ou por um cabo de aço independente (AACI), sendo esta última modalidade preferida quando se exige do cabo maior flexibilidade, combinada com alta resistência à tração.

TIPOS DE TORÇÃO



Nota: A não ser em casos especiais (como por exemplo, cabo trator de linhas aéreas) não se deve usar cabos de torção Lang com alma de fibra por apresentarem pouca estabilidade e pequena resistência aos amassamentos.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

LUBRIFICAÇÃO

A lubrificação dos cabos é muito importante para sua proteção contra a corrosão e também para diminuir o desgaste por atrito pelo movimento relativo de suas pernas, dos arames e do cabo de aço contra as partes dos equipamentos como por exemplo polias e tambores. Os cabos de aço são lubrificados durante sua fabricação, porém esta lubrificação é adequada somente para um período de armazenagem e início das operações do cabo de aço.

Para uma boa conservação do cabo, recomenda-se lubrificá-lo periodicamente. Caso não seja realizado um plano de lubrificação adequado, o cabo de aço estará sujeito à:

- Ocorrência de oxidação com porosidade causando perda de área metálica e, consequentemente, perda de capacidade de carga;
- Os arames começam a ficar quebradiços devido ao excesso de corrosão;
- Como os arames do cabo de aço movimentam-se relativamente uns contra os outros, durante o uso, ficam sujeitos a um desgaste por atrito. A falta de lubrificação intensifica o desgaste, causando a perda de capacidade do cabo de aço provocada pela perda de área metálica;
- A porosidade também provoca desgaste interno dos arames, resultando em perda de capacidade de carga.

Nunca utilize óleo queimado para lubrificar um cabo de aço, pois contém pequenas partículas metálicas que irão se atritar com o cabo, além de ser um produto ácido e conter poucas das características que um bom lubrificante deve possuir.
Um lubrificante adequado para cabo de aço deve possuir as seguintes características:

- Ser quimicamente neutro;
- Possuir boa aderência;
- Possuir uma viscosidade capaz de penetrar entre as pernas e outros arames;
- Ser estável sob condições operacionais;
- Proteger contra a corrosão;
- Ser compatível com o lubrificante original.

Antes da lubrificação o cabo deve ser limpo com escova de aço para remover o lubrificante velho e crostas contendo partículas abrasivas. Nunca use solventes, pois removem a lubrificação interna, além de deteriorar a alma de fibra.
Como regra geral, a maneira mais eficiente e econômica de lubrificação é através de um método que aplique o lubrificante continuamente durante a operação do cabo como: imersão, gotejamento e pulverização.

Na tabela abaixo, sugerimos alguns lubrificantes, para lubrificação em campo:

Aplicação	Especificação	Propriedades	Fornecedor
Ponte Rolante Guincho	ROCOL RD-105 GCA-2	Sabão de Cálcio com bissulfeto de molibdênio	ITW Lubrax
Guindaste Elevador de Obra	COSMOLUBE HT 00 M3	Sabão de Bentone com bissulfeto de molibdênio	Houghton
Balancim Grua Laço Teleférico Pesca	CHASSIS 1234 CHASSI Ca-2 CHASSI 2 2C BIOFLUKE	Sabão de Cálcio Sabão de Cálcio Sabão de Cálcio Sabão de Cálcio Biodegradável	ESSO Texaco Ipiranga Manguinhos Fluke Tecnologia
Elevador de Passageiros	QUIMATIC 20	Óleo mineral parafínico	TAPMATIC

A carga de ruptura teórica do cabo de aço é obtida através da resistência dos arames multiplicada pelo total da área da seção de todos os arames.

A carga de ruptura mínima do cabo de aço é obtida através da carga de ruptura teórica do mesmo, multiplicada pelo fator de encablamento. Este fator varia conforme as diversas classes de cabos de aço.

A carga de ruptura medida é determinada em laboratório, através do ensaio de tração do cabo de aço.

Fator de encablamento	Classe do cabo
0,96	Cordoalha de 3 e 7 arames
0,94	Cordoalha de 19 e 37 arames
0,86	6x7
0,825	6x19, 8x19 e MinePac
0,80	PowerPac, 6x36
0,73	ErgoFlex e ErgoFlex Plus
0,72	18x7

DIÂMETRO DE POLIAS E TAMBORES

Existe uma relação entre o diâmetro do cabo de aço e o diâmetro da polia ou tambor que deve ser observada, a fim de garantir um bom desempenho do cabo de aço.

A tabela a seguir indica a proporção recomendada e a mínima entre o diâmetro da polia ou do tambor e o diâmetro do cabo de aço, para as diversas construções.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

Construção do cabo	Diâmetro da polia ou do tambor	
	Recomendado	Mínimo
6x7	72	42 x Ø do cabo
6x19 S	51	34 x Ø do cabo
19x7	51	34 x Ø do cabo
6x25 F	39	26 x Ø do cabo
8x19 S	39	26 x Ø do cabo
6x36 WS, Propac	34	23 x Ø do cabo
6x41 WS	31	20 x Ø do cabo
PowerPac, MinePac	31	20 x Ø do cabo
Ergoflex, Ergoflex Plus	31	18 x Ø do cabo
6x71 WS	21	14 x Ø do cabo

Tipo de equipamento	Norma	Aplicação	D/d mínimo	
			Tambor	Polia
Guindaste	ASME B30.5	Elevação	18	18
		Elevação da lança	15	15
		Moitão	---	16
Grua	ASME B30.3	Elevação	18	18
Escavadeira	ANSI M11.1	Elevação	24	24
		Arraste	22	22
Perfuradora rotativa	API SPEC 9B	Perfuração	20	30
Guindaste offshore	API SPEC 9B	Elevação	18	18
Elevador de Passageiro	ASME A17.1	Tração	40	40
		Compensação	-	32

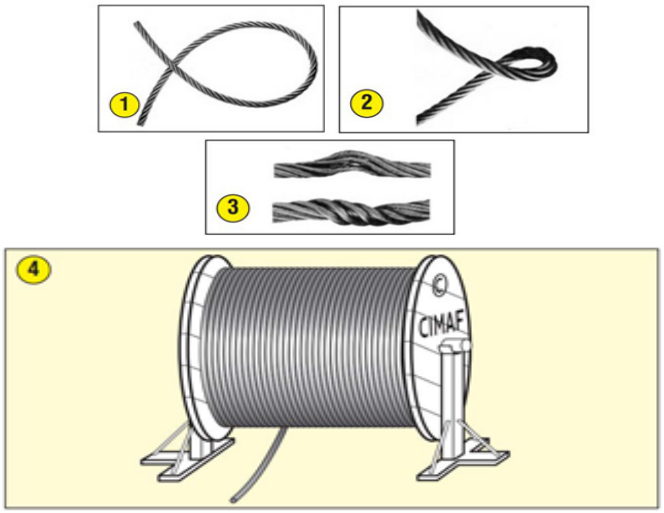
MANUSEIO

O cabo de aço deve ser manuseado com cuidado a fim de evitar estrangulamento (nó), provocando uma torção prejudicial, como demonstrado no exemplo abaixo:
Nunca se deve permitir que o cabo de aço tome a forma de um laço, como demonstrado na figura 1. Porém, se o laço for desfeito (aberto) imediatamente um nó poderá ser evitado.

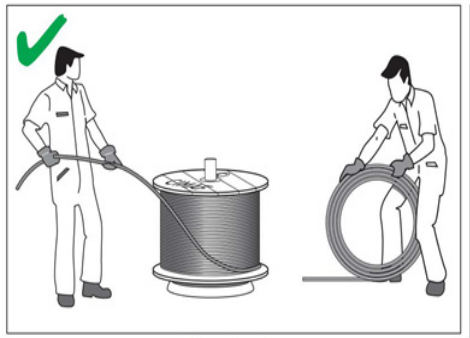
Conforme mostrado na figura 2, com o laço fechado, o dano está feito e a capacidade de carga do cabo de aço comprometida, estando o mesmo fora das condições de uso.

A figura 3 mostra o resultado do nó, pois, mesmo que os arames individuais não tenham sido prejudicados, o cabo de aço perde sua forma adequada. Com os arames e as pernas fora da posição, o cabo de aço está sujeito à tensão desigual, expondo o mesmo à ruptura por sobrecarga além de causar desgaste excessivo às pernas deslocadas.

Cuidado: mesmo que um nó esteja aparentemente endireitado, o cabo de aço nunca poderá render desempenho máximo, conforme a capacidade garantida. O uso de um cabo de aço com este defeito é perigoso, podendo causar acidentes.
Para se evitar o nó durante o desenrolamento do cabo de aço, a bobina deverá ser colocada em um eixo horizontal sobre dois cavaletes, na qual a mesma gire em torno de seu eixo, conforme mostrado na figura 4.



Pode-se também desenrolá-lo por meio de uma mesa giratória, como mostrado na figura 5. O importante é que no desenrolamento, a bobina sempre gire em torno de seu eixo e nunca o cabo de aço gire em torno do eixo da bobina conforme mostra a figura 6.



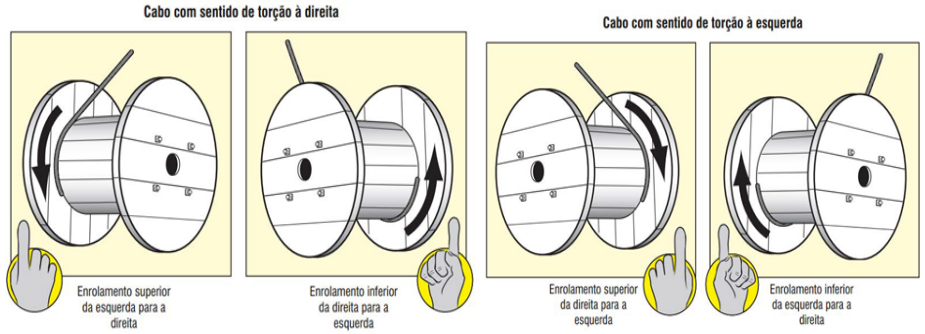
Correto - Figura. 5

Errado - Figura 6

ENROLAMENTO TAMBOR OU BOBINA

É importante que o cabo de aço, para ser bem enrolado, seja fixado corretamente durante sua instalação. Se isto não ocorrer, a primeira camada de enrolamento poderá apresentar falhas, provocando, consequentemente, ao serem enroladas as camadas superiores, amassamentos e deformações no cabo de aço, que diminuirão sensivelmente sua vida útil.

As figuras abaixo apresentam uma regra prática, para a fixação correta dos cabos de aço em tambores lisos ou bobinas.

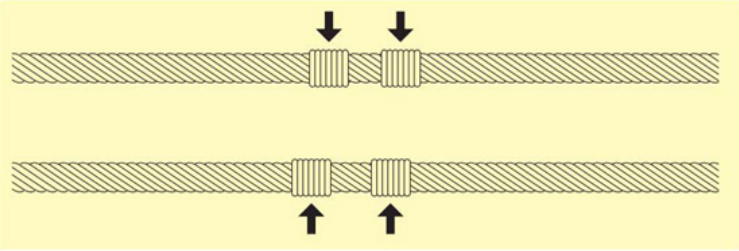


EMENDA EM CABOS DE AÇO

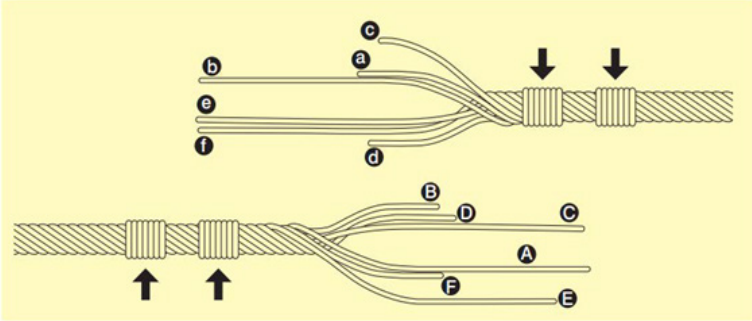
A confecção de uma emenda requer trabalho cuidadoso e habilidoso. É importante o perfeito assentamento e o posicionamento das pernas no trecho da emenda. Recomenda-se que o comprimento de uma emenda seja entre 1.0 a 1.5 vezes o diâmetro do cabo de aço. A base essencial do processo de emendar é demonstrada pelo seguinte exemplo:

O exemplo refere-se a emenda de dois cabos de aço com diâmetro de 20mm, com 6 pernas, almas de fibra e pré-formados. Neste exemplo foi adotado um comprimento de emenda de 20mm x 1.2, ou seja, 24m.

1ª fase: Ambos os cabos de aço serão bem amarrados a cerca de 12m de distância de suas extremidades (2x12m = 24m de comprimento necessário para a emenda).

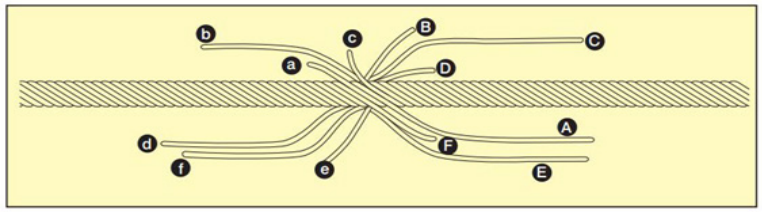


2ª fase: As pernas dos dois cabos de aço serão separadas nas extremidades até o ponto de amarração. As pernas de um dos cabos de aço serão denominadas sucessivamente de "A-F" e as do outro "a-f". As pernas "B,D,F" e as "a,c,d," serão encurtadas e a alma de fibra será cortada à altura da amarração.

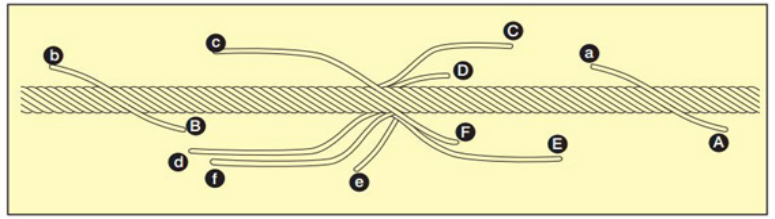


PlanMetal
Estruturas Metálicas

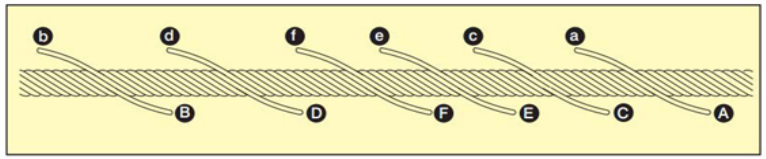
3ª fase: As extremidades dos cabos de aço serão empurradas uma contra a outra para ficar a perna "A" ao lado da perna "a", perna "B" ao lado da perna "b", e assim por diante.



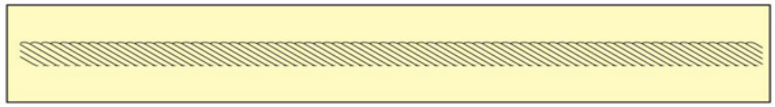
4ª fase: As amarrações serão soltas. A perna "a" será torcida para fora do conjunto num comprimento de 10 metros, e a perna "A" será torcida para dentro do respectivo espaço vazio. Da mesma forma se procede com as pernas "B" e "b".



5ª fase: As pernas "c" e "D" serão torcidas para fora das extremidades dos respectivos cabos de aço, num comprimento de 6 metros, e as pernas "e" e "F" num comprimento de 2 metros, contados a partir do ponto de junção dos cabos de aço, e as respectivas pernas serão torcidas para dentro dos espaços anteriormente esvaziados.



6ª fase: A figura acima mostra a parte correspondente à emenda pronta. É preciso ter cuidado com as emendas. Uma emenda mal feita representa um grande perigo.



INSPEÇÕES E CRITÉRIOS DE SUBSTITUIÇÃO

A inspeção em cabos de aço é de vital importância para uma vida útil adequada e segura. A primeira inspeção a ser feita em um cabo de aço é a Inspeção de Recebimento, a qual deve assegurar que o material esteja conforme solicitado e possua certificado de qualidade emitido pelo fabricante.

Além da Inspeção de Recebimento, outras duas inspeções devem ser realizadas, a Inspeção Visual e a Inspeção Periódica. A inspeção Visual deve ser realizada diariamente nos cabos de aço usados em equipamentos de movimentação de carga e antes de cada uso para laços. Esta inspeção tem como objetivo uma análise visual para detectar danos no cabo de aço que possam causar riscos durante o uso.

Qualquer suspeita quanto às condições de segurança do material, deverá ser informada e o cabo de aço inspecionado por uma pessoa qualificada. A freqüência da Inspeção Periódica deve ser definida por fatores como: tipo do equipamento, condições ambientais, condições de operação, resultados de inspeções anteriores e tempo de serviço do cabo de aço.

Para as lingas de cabos de aço esta inspeção deve ser feita em intervalos não excedendo a seis meses, devendo ser mais frequente quando o mesmo aproxima-se do final da vida útil. É importante que os resultados das inspeções sejam registrados. Sempre que ocorrer um incidente que possa ter causado danos ao cabo ou quando o mesmo tiver ficado fora de serviço por longo tempo, deve ser inspecionado antes do início do trabalho.

Na inspeção de um cabo de aço, vários fatores que possam afetar seu desempenho devem ser considerados. Os fatores a serem verificados durante a inspeção são:

NÚMERO DE ARAMES ROMPIDOS

A ruptura de arames normalmente ocorre por abrasão ou por fadiga de flexão. Pode ocorrer tanto nos arames externos quanto internos, caso o cabo de aço possua alma de aço. As rupturas externas podem ocorrer no topo das pernas ou na região de contato entre as pernas (vale) sendo esta, junto com as rupturas de arames da alma, as mais críticas. A localização da ruptura e número de arames rompidos em um passo, devem ser registrados.

Deve-se observar se as rupturas estão distribuídas uniformemente ou se estão concentradas em uma ou duas pernas apenas. Neste caso há perigo das pernas se romperem.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

DESGASTES EXTERNOS

A abrasão dos arames externos é causada pelo atrito do cabo, sob pressão, com os canais das polias e do tambor e pode ser acelerada por deficiências de lubrificação.

Mesmo que o arame não se rompa, o seu desgaste promoverá a perda de capacidade de carga do cabo de aço através da redução de área metálica, tornando o seu uso perigoso. Uma forma de avaliar o desgaste de um cabo de aço é através da medição do seu diâmetro.

CORROSÃO

A corrosão diminui a capacidade de carga através da redução da área metálica do cabo de aço, além de acelerar a fadiga. Pode ser detectada visualmente, quando se apresenta na parte externa do cabo de aço.

A detecção da corrosão interna é mais difícil, porém, alguns indícios podem indicar sua existência:

• Variação no diâmetro do cabo: nos pontos de dobra do cabo de aço, como polias, geralmente ocorre a redução do diâmetro. Em cabos de aço ou cordoalhas para uso estático é comum o aumento de diâmetro devido ao aumento da oxidação.
• Aproximação entre pernas: frequentemente combinada com arames rompidos nos vales.

DESEQUILÍBRIO DOS CABOS DE AÇO

Em cabos de aço convencionais, normalmente com 6 ou 8 pernas com alma de fibra, pode haver uma avaria típica que vem a ser uma ondulação do cabo de aço provocada pelo afundamento de 1 ou 2 pernas do mesmo, e que pode ser causada por alguns motivos:

a) Fixação deficiente, que permite um deslizamento de algumas pernas, ficando as restantes supertensionadas.

b) Alma de fibra de diâmetro reduzido.

c) Alma de fibra que se deteriorou, não dando apoio às pernas do cabo.

Nos cabos de várias camadas de pernas, como nos cabos resistentes à rotação e cabos com alma de aço, há o perigo da formação de “gaiolas de passarinho” e “alma saltada”, defeitos estes que podem ser provocados pelos seguintes motivos:

d) Manuseio e/ou instalação deficiente do cabo, dando lugar a torções ou distorções do mesmo.

No caso "a" há perigo das pernas super tencionadas se romperem, já nos casos "b" e "c", não existe um perigo iminente, porém haverá um desgaste desuniforme no cabo de aço e, portanto, um baixo rendimento. O caso "d" é mais comum para cabos Não-Rotativos e com Alma de Aço, onde existe perigo de formação de "gaiolas de passarinho" e "alma saltada". Estes defeitos são graves e requerem a imediata substituição do cabo de aço.

DEFORMAÇÕES

As deformações nos cabos de aço ocorrem principalmente devido ao mau uso ou irregularidades no equipamento ou ainda por métodos inadequados de manuseio e fixação.

Quando estas deformações forem acentuadas poderão alterar a geometria original do cabo de aço provocando desequilíbrio de esforços entre as pernas e consequentemente a ruptura do mesmo.

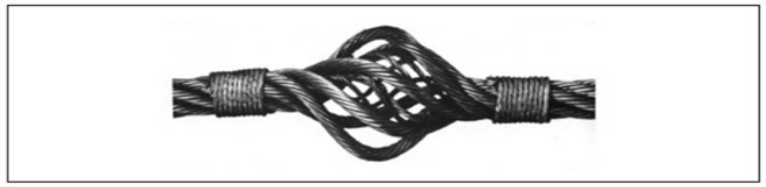
As deformações mais comuns são:

a) Ondulação
Ocorre quando o eixo longitudinal do cabo de aço assume a forma de uma hélice. Nas situações onde esta anomalia for acentuada, pode transmitir uma vibração no cabo de aço que, durante o trabalho causará um desgaste prematuro, assim como arames rompidos.

b) Amassamento
O amassamento no cabo de aço normalmente é ocasionado pelo enrolamento desordenado no tambor. Nas situações onde o enrolamento desordenado não pode ser evitado, deve-se optar pelo uso de cabo de aço com alma de aço.

c) Gaiola de passarinho
Esta deformação é típica em cabo de aço com alma de aço nas situações onde ocorre um alívio repentino de tensão. Esta irregularidade é crítica e impede a continuidade do uso do cabo de aço.

PlanMetal
Estruturas Metálicas



d) Alma saltada
É uma característica causada também pelo alívio repentino de tensão do cabo de aço, provocando um desequilíbrio de tensão entre as pernas, impedindo a continuidade do uso do mesmo.

e) Dobra ou nó (perna de cachoro)
É caracterizada por uma descontinuidade no sentido longitudinal do cabo de aço que em casos extremos diminui a capacidade de carga do mesmo. Normalmente causada por manuseio ou instalação inadequada.

CRITÉRIO DE SUBSTITUÇÃO

Mesmo que o cabo de aço trabalhe em ótimas condições, chega um momento em que, após atingir o fim da sua vida útil, necessita ser substituído em virtude de sua degeneração natural.

Em qualquer instalação, o problema consiste em se determinar qual o rendimento máximo que se pode obter de um cabo de aço antes de substituí-lo, mantendo-o trabalhando em completa segurança, uma vez que, na maior parte das instalações, o rompimento de um cabo de aço põe em risco vidas humanas.

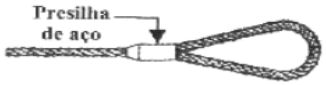
Não existe uma regra precisa para se determinar o momento exato da substituição de um cabo de aço. A decisão de um cabo de aço permanecer em serviço, dependerá da avaliação de uma pessoa qualificada que deverá comparar as condições do mesmo, realizando uma inspeção baseada em critérios de descarte contemplados em normas.

Recomendamos as normas:
- NBR ISO 4309 para cabos usados em equipamentos.
- NBR 13543 para lingas de cabo de aço.

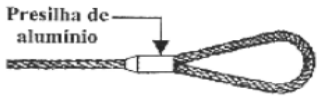
LAÇOS DE CABO DE AÇO

TIPOS DE OLHAIS

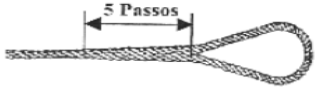
Tipo 1 - Trançado Flamengo com Presilha de Aço
- Tipo de olhal mais seguro
- Resistência dada pelo traçado
- CRME 90%



Tipo 2 - Trançado Flamengo com Presilha de Alumínio
- Empregado somente em baixas temperaturas
- Sensível à água salgada e superfícies abrasivas
- CRME 90%



Tipo 3 - Trançado Manual sem presilha
- Fabricação a partir de 5 passos formando uma alça
- Não utilizado em cargas cíclicas
- CRME 90%

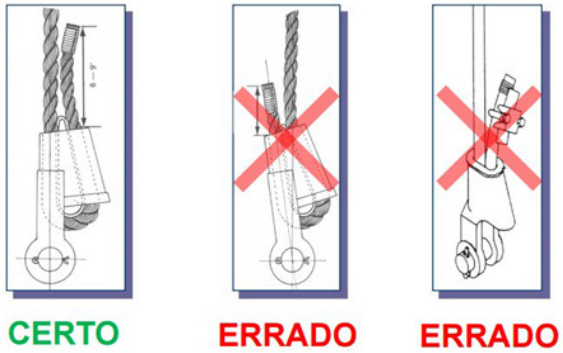


Tipo 4 - Olhal Dobrado e Prensado com Presilha de Alumínio
- Tipo de olhal menos seguro
- Resistência depende da presilha
- Não utilizado em cargas suspensas, altas temperaturas, contato com água salgada e superfícies abrasivas
- CRME 90%

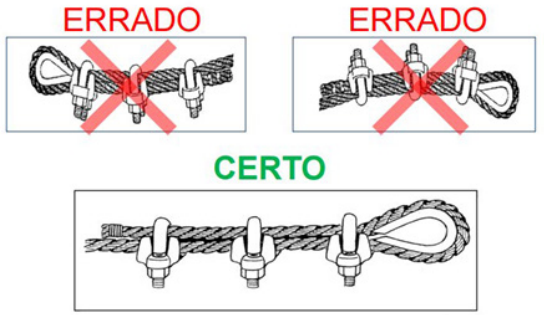
PlanMetal
Estruturas Metálicas

EXTREMIDADES

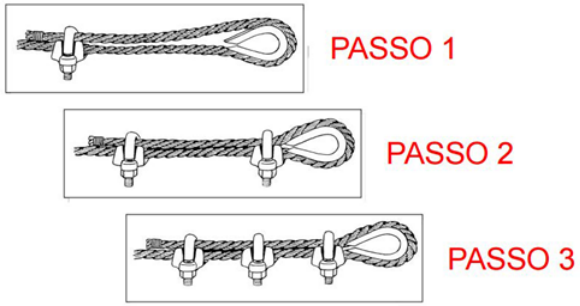
Soquetes tipo cunha



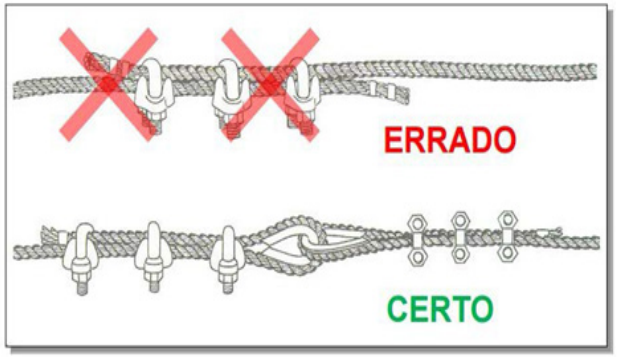
Laços com clips



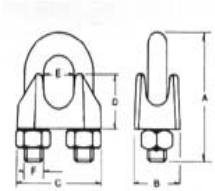
Fixação correta dos clips



Emenda com clips



Quantidade de clips para cada diâmetro de cabo



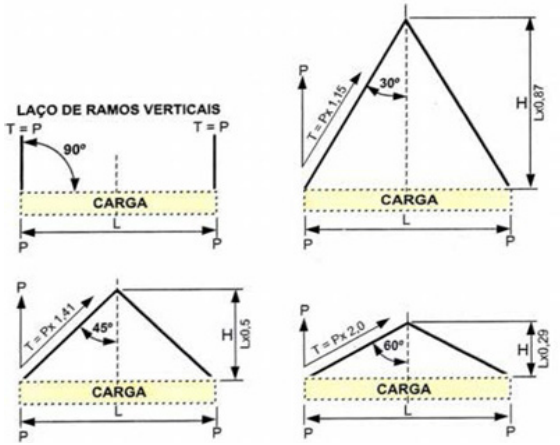
¢Cabo	A	B	C	D	E	F	Nº mínimo de clips	Espaçamento mínimo	Nm	Kgfm
1,8"	20	10	21	10	5	M4	3	19	2,5	0,25
3/16"	24	11	23	10	6,5	M5	3	29	6,0	0,60
1/4"	28	12	26	11	8	M5	3	38	8,0	0,80
5/16"	34	14	30	15	10	M6	4	48	8,0	0,80
3/8"	42	18	34	17	12	M8	4	57	20,0	2,00
7/16"	44	19	36	18	13	M8	4	67	20,0	2,00
1/2"	55	23	42	21	15,5	M10	5	76	40,0	4,00
9/16"	57	23	44	22	17	M10	5	86	40,0	4,00
5/8"	63	26	50	26	18	M12	5	95	75,0	7,50
3/4"	75	29	54	30	21	M12	6	114	75,0	7,50
7/8"	85	33	61	34	24,5	M14	7	133	120,0	12,0
1"	95	35	65	37	28,5	M14	7	152	120,0	12,0
1.1/8"	110	37	74	43	32	M16	8	172	180,0	18,0
1.1/4"	120	42	80	50	36	M16	8	191	180,0	18,0
1.1/2"	140	45	88	55	42	M16	8	229	180,0	18,0
1.3/4"	150	52	112	63	50	M20	8	267	310,0	31,0
2"	168	61	123	73	56	M22	9	305	450,0	31,0

Nota.: Os clips deverão ser reapertados após o início de uso do cabo de aço.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

VARIAÇÃO DAS TENSÕES NOS LAÇOS

Variação das tensões nos laços segundo os ângulos de inclinação.



CARGAS DE TRABALHO

Os cabos de aço utilizados para a confecção de laços devem ser da classe 6x19 ou 6x36, de torção regular, com alma de fibra ou aço, conforme a norma NBR ISO 2408. A resistência à tração dos arames deve ser de pelo menos IPS para laços com alma de fibra e EIPS para laços com alma de aço.

Tabela de cargas de trabalho em laços de cabo de aço:

Diâmetro do Cabo e Soquete		Comprimento Mínimo do Laço (mm)	LAÇO SIMPLES (ton)		CONJUNTO DE 2 LAÇOS (ton) (ATÉ 45°)		CONJUNTO DE 4 LAÇOS (ton) (ATÉ 45°)	
(mm)	(pol)		AF	AACI	AF	AACI	AF	AACI
6,4	1/4"	400	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,1
8,0	5/16"	500	0,7	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8
9,5	3/8"	600	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,5
11,5	7/16"	700	1,3	1,6	1,9	2,3	2,8	3,4
13,0	1/2"	800	1,7	2,1	2,4	3,0	3,6	4,5
16,0	5/8"	1000	2,7	3,3	3,7	4,6	5,6	6,9
19,0	3/4"	1200	3,8	4,7	5,3	6,6	8,0	10,0
22,0	7/8"	1400	5,2	6,4	7,2	8,9	11,0	13,0
26,0	1"	1600	6,7	8,3	9,4	12,0	14,0	17,0
29,0	1.1/8"	1800	8,4	10,0	12,0	15,0	18,0	22,0
32,0	1.1/4"	2000	10,0	13,0	14,0	18,0	22,0	27,0
35,0	1.3/8"	2200	12,0	15,0	17,0	22,0	26,0	32,0
38,0	1.1/2"	2400	15,0	18,0	21,0	26,0	31,0	38,0

INSPEÇÕES EM LAÇOS

Inspeção de Recebimento: Deve-se assegurar que o material esteja conforme solicitado e possua certificado de qualidade emitido pelo fabricante. Além desta inspeção, os laços quando em serviço devem ser inspecionados frequentemente pelo operador do equipamento e periodicamente por uma pessoa qualificada.

Inspeção Visual: Os laços devem ser inspecionados visualmente quanto a defeitos ou deteriorações, antes de cada série de movimentação. Devem também sofrer inspeção completa de rotina por pessoa qualificada, detectando-se os seguintes itens:

- Arames rompidos - presilhas se soltando
- Distorção do cabo - arames partidos na superfície externa do olhal com uso de pino
- Danos à Presilha de pequeno diâmetro
(amassamentos e trincas) - rompimento da base do olhal, com uso de pino com diâmetro
- Desgaste Excessivo excessivo
- Danos por calor - corrosão

Inspeção completa: Não deve ultrapassar de seis meses, mesmo para os laços.

PlanMetal
Estruturas Metálicas

PLANMETAL ESTRUTURAS METÁLICAS LTDA
Escritório:
Av. Brigadeiro Faria Lima, 2631. Cj.306-307 - Jardim Paulistano, São Paulo
CEP: 01452-903
Fábrica:
Rod. Edgar Máximo Zambotto, km57 - Jd. Guanciale, Campo Limpo Paulista
CEP: 13236-010
Tel.:
(11) 3326 2636 | (11) 98371 0567
Email:
contato@planmetal.com.br
Site:
www.planmetal.com.br