

Tema: Montagem de estruturas metálicas com ligações parafusadas

ABORDAGEM DOS PRINCIPAIS DESVIOS EXECUTIVOS EM LIGAÇÕES PARAFUSADAS NA MONTAGEM DE ESTRUTURAS METÁLICAS

Guido José Denipotti¹

Resumo

O presente trabalho tem por objetivo apresentar os principais desvios executivos em ligações parafusadas verificadas na montagem de estruturas metálicas. Para tanto, efetuou-se um programa de inspeção em dezenas de obras de estruturas metálicas durante o seu período de montagem ou ligeiramente após a conclusão, sempre confrontando as execuções das ligações com os descritivos em projetos executivos de montagem. Os empreendimentos analisados variaram de galpões industriais a shopping centers, possibilitando assim inferir de maneira global sobre os principais desvios executivos existentes em campo nas ligações parafusadas de estruturas metálicas. Entre as principais não-conformidades observadas estão: ligações inconclusas (falta de parafusos e/ou falta de aperto normal de parafusos); aperto excessivo de parafusos e utilização de parafusos com especificação divergente do solicitado em projeto. As não-conformidades observadas, bem como suas consequências ocasionadas pela necessidade de intervenção, demonstram a necessidade de acompanhamento assíduo de profissional especializado durante todo o processo de montagem, minimizando assim custos globais envolvidos na utilização de estruturas metálicas.

Palavras-chave: Estruturas metálicas; Ligações parafusadas; Montagem; Inspeção.

MAIN EXECUTIVE DEVIATIONS REPORTED IN STEEL BOLTED CONNECTIONS: A CASE OF STUDY

Abstract

The aim of this paper is to present the main issues reported in steel bolted connections. Several steel structures were inspected in site, during and after erection, comparing them according with their respective executive drawings. Different types of steel solutions were analyzed (such as industrial sheds, pre-engineered buildings, shopping malls) checking the main deviations occurred in site. The main problems observed were missing bolts and incorrect bolt pretension along with divergent specification (materials, class, diameter, length, etc) when compared to the assembly project. Such reported issues have a significant impact in the project schedule and in consequence larger costs and site adjustments. Therefore, a constant inspection conducted by the engineer responsible is recommended to minimize nonconformities and errors in steel bolted connections.

Keywords: Steel bolted connections, steel structures, steel connections, assembly inspection.

¹ Engenheiro Civil (Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil) / Mestre em Engenharia Civil (Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil), Diretor Técnico da RG3 CONSULTORIA – Inspeção e Diligenciamento em Estruturas Metálicas, Nova Prata / RS, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as inúmeras vantagens que compõem o sistema construtivo em estruturas metálicas, talvez a principal delas é o menor tempo de execução do sistema (montagem) promovido, também, pelas ligações parafusadas em campo. A facilidade da execução, assim como da inspeção, proporciona aos executores agilidade e segurança necessárias que corroboram a opção por este sistema construtivo – estruturas metálicas. Contudo, em verificação (inspeção) na montagem de estruturas metálicas de inúmeros empreendimentos, foram observados desvios executivos variados nas ligações parafusadas que explicitam aos responsáveis técnicos (engenheiro calculista; fabricante e/ou montadora) a necessidade de melhor orientação aos executores e, principalmente, verificação/inspeção durante e iminentemente após os trabalhos executados. Desvios como: falta de parafusos; falta de aperto normal; comprimento insuficiente; utilização de parafusos com especificação distinta ao determinado em projeto e aperto excessivo foram observados na montagem das ligações parafusadas das estruturas principais de todos os empreendimentos inspecionados. Os empreendimentos são compostos por galpões logísticos, comerciais e industriais. Desta forma, pôde-se mensurar e exemplificar os principais desvios executivos nas ligações parafusadas de maneira a atentar aos responsáveis técnicos (engenheiro calculista; fabricante e/ou montadora) os desvios recorrentes a fim de evitá-los ou corrigi-los antes do início da utilização do empreendimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, os empreendimentos nos quais as ligações foram inspecionadas foram separados em 3 grupos com base em critérios descritos em Denipotti [1]:

- Grupo 1 – Galpões logísticos. Empreendimentos que em sua maioria possuem apenas a estrutura da cobertura em estruturas metálicas, cobrindo grandes áreas. Não há, neste grupo, estruturas como *pipe rack* ou pontes rolantes. Exemplo: centro de distribuição (CD).
- Grupo 2 – Indústrias - Empreendimentos destinados a processos fabris. Neste grupo há incidência de estruturas aptas a maiores sobrecargas, possuem pontes rolantes e/ou *pipe racks*. Exemplo: fábrica automotiva.
- Grupo 3 – Comerciais - São obras especiais, com singularidades arquitetônicas específicas, que se diferem dos dois primeiros grupos. Podem possuir estruturas metálicas para fechamento em vidros, como claraboias. Exemplo: *shopping center*.

Respectivamente, o número de obras para cada grupo são: 07, Grupo 1; 07, Grupo 2 e 06, Grupo 3. Totalizando 20 obras.

As inspeções foram realizadas do início ao fim da montagem e iminentemente após a conclusão. Contudo, para os apontamentos e reportes neste, levou-se em consideração fases

executivas nas quais as ligações já deveriam estar concluídas. Dessa forma não se considera desvios executivo uma ligação inconclusa durante a pré-montagem.

Os desvios nas ligações observados estão discretizados a seguir por tipologia, sendo separados em:

- a) Alteração da ligação;
- b) Aperto errôneo em junta de dilatação;
- c) Aperto excessivo;
- d) Falta de aperto normal;
- e) Falta de parafuso;
- f) Não conformidade na especificação do parafuso;
- g) Não conformidade no comprimento do parafuso;
- h) Reutilização indevida de parafusos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão reportados para cada um dos desvios, evidências e explanação e, posteriormente, o quantitativo do respectivo desvio em relação ao total de empreendimentos verificados.

3.1 Alteração da ligação

Considerou-se alteração da ligação a intervenção realizada, em campo, pelos executores/montadores nos quesitos: a) execução de soldagem em detrimento a utilização de parafusos ou b) retrabalho nas furações alterando a tipologia dos furos conforme projetado e/ou desrespeitando as tolerâncias de distância de furo à borda, conforme item 6.3.11 da NBR 8800 [2].

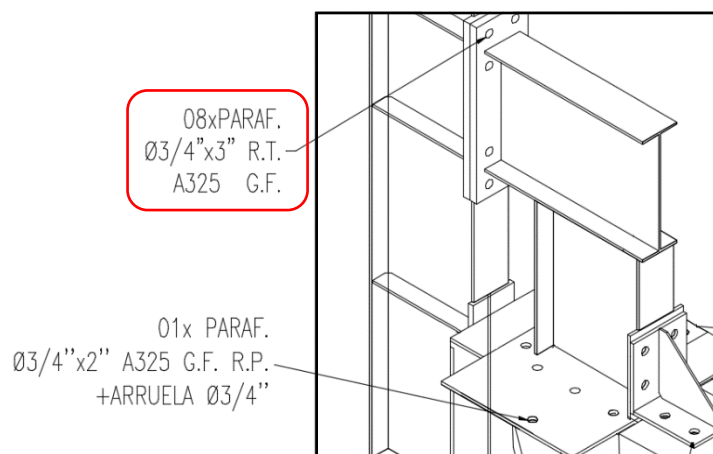


Figura 01 – Detalhe executivo de ligação parafusada



Figura 02 – Execução de solda em detrimento da utilização de parafusos conforme Figura 01

A execução de soldas ocorre em função da não linearidade entre as furações das chapas por motivos diversos, como por exemplo: desvio de locação na estrutura em concreto causando o deslocamento (vertical ou horizontal) de uma das partes da estrutura metálica ou erro na fabricação em uma ou ambas as chapas.



Figura 03 – Falta de linearidade entre furações com corte de enrijecedor e alargamento de furação - 01



Figura 04 – Falta de linearidade entre furações com corte de enrijecedor e alargamento de furação - 02

Além do corte do enrijecedor, observa-se nas imagens das Figuras 03 e 04 o alargamento excessivo e sem controle das furações, através do oxicorte (maçarico).

Alteração da ligação

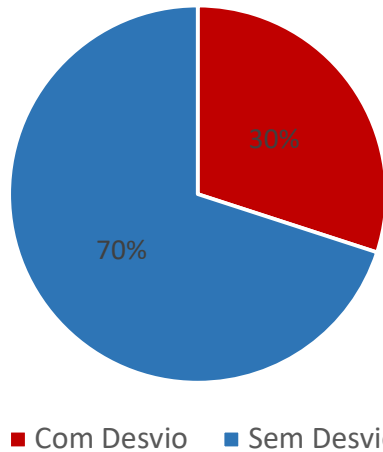


Gráfico 01 – Empreendimentos com e sem desvios – Alteração da ligação

3.2 Aperto errôneo em junta de dilatação

A ligação estrutural de apoio móvel não é comumente visualizada nas montagens, ao menos nesta gama de empreendimentos inspecionados. Talvez, justamente por isso, há o entendimento errôneo do montador em executar a ligação de maneira a não permitir a movimentação das estruturas conforme projetada. Na imagem abaixo, observa-se que além da colocação de porca e contraporca o montador procedeu com o controle de protensão inicial (torque), impedindo a movimentação da estrutura.



Figura 05 – Desvio no aperto do parafuso com impedimento de movimentação da estrutura

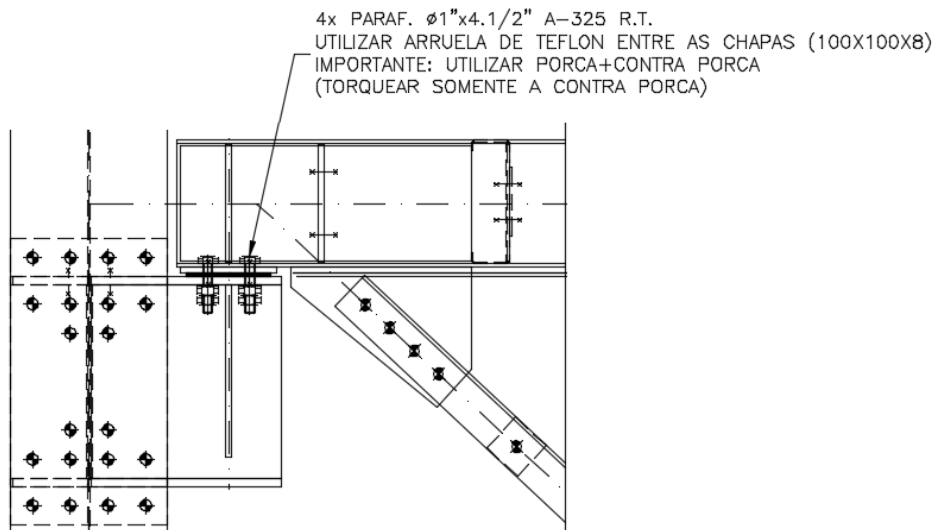


Figura 06 – Detalhe executivo de montagem da imagem da Figura 05

Já, em relação à ligação abaixo, observa-se a colocação de contra-porca, porém a não colocação de arruelas de chapa (AR50A A.L.) solicitadas em projeto executivo de montagem.

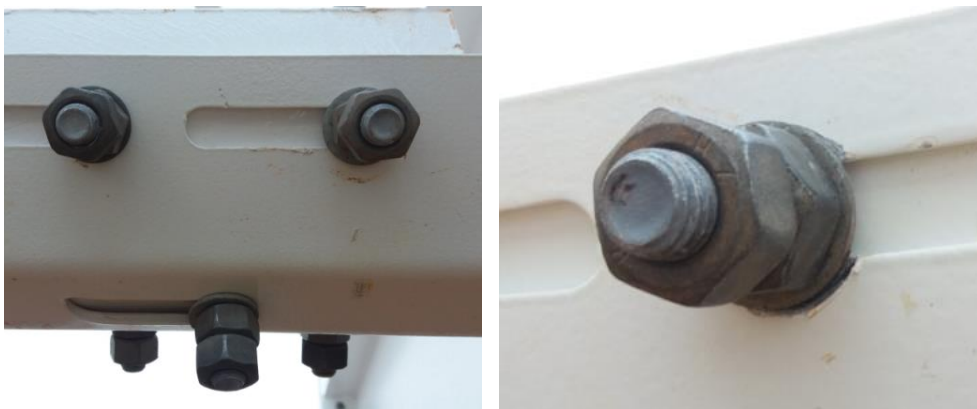


Figura 07 – Pendência de colocação de arruela de chapa

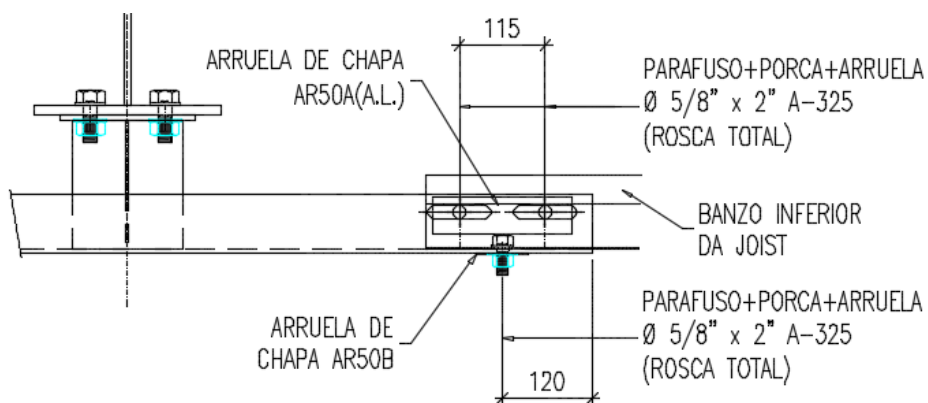


Figura 08 – Detalhe executivo de montagem da imagem da Figura 07

Constata-se em ambos os casos, o desvio de interpretação de projeto, pelo montador.

Aperto errôneo em junta de dilatação

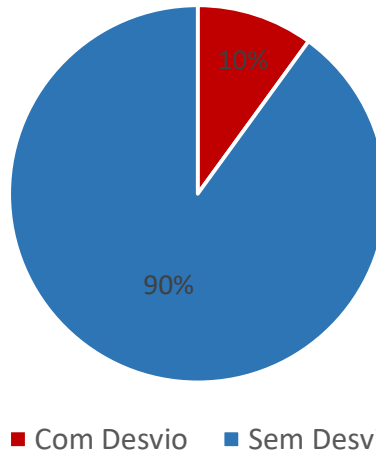


Gráfico 02 – Empreendimentos com e sem desvios – Aperto errôneo em junta de dilatação

3.3 Aperto excessivo

Identifica-se o aperto excessivo quando encontrado parafusos rompidos em obra e em chapas menos espessas com deformações após a ligação. Na maioria dos casos, isso ocorre em parafusos com diâmetro abaixo de 1", onde o montador pode tentar promover o ajuste de chapas de ligação através do aperto excessivo do parafuso. Isso ocorre também em pré-montagem, de treliças metálicas, quando uma das partes está com desaprumo ou desnível. Intuitivamente, o montador aplica aos parafusos o aperto na tentativa de ajustar as peças a serem ligadas, porém, podendo colocar os parafusos em regime de escoamento, imperceptível ao inspetor.



Figura 09 – Deformação em cantoneira de ligação



Figura 10 – Tentativa de ajuste de ligação através do aperto excessivo de parafusos

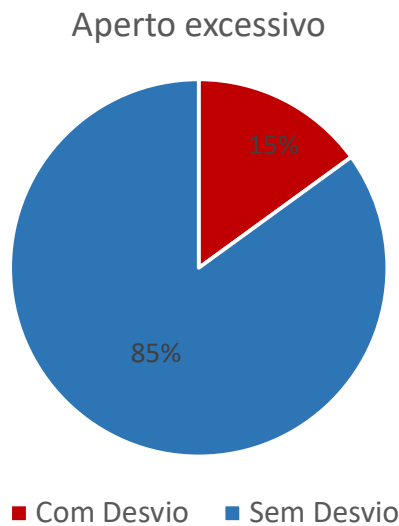


Gráfico 03 – Empreendimentos com e sem desvios – Aperto excessivo

3.4 Falta de aperto normal

Conforme item 6.3.1 da NBR 8800 [2], considera-se aperto normal aquele que “pode ser obtido por alguns impactos de uma chave de impacto ou pelo esforço máximo de um operário usando uma chave normal, garantindo sempre firme contato entre as partes ligadas”. Por mais básico/simple que seja o procedimento de montagem de um parafuso, que deve culminar com o seu aperto, este desvio é sistematicamente recorrente na montagem de estruturas metálicas. Em entrevista aos montadores, não se observa justificativa plausível para a recorrência deste desvio. Exemplificação:



Figura 11 – Falta de aperto normal de parafusos – 01



Figura 12 – Falta de aperto normal de parafusos – 02



Figura 13 – Falta de aperto normal de parafusos – 03



Figura 14 – Falta de aperto normal de parafusos – 04

Falta de aperto normal

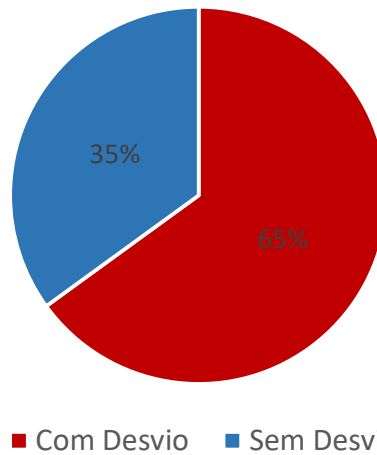


Gráfico 04 – Empreendimentos com e sem desvios – Falta de aperto normal

3.5 Falta de parafusos

Por óbvio, não deveria ser mencionado falta de parafusos em ligações parafusadas. Contudo, trata-se de desvio sistêmico em inspeções na montagem de estruturas metálicas, salientando que foi considerado desvio neste quesito quando o empreendimento estivesse em iminência de sua utilização ou quando aquela ligação específica deveria estar concluída, mesmo antes do término total da montagem das estruturas metálicas do referido empreendimento. As justificativas dos montadores pela não colocação dos parafusos em tempo hábil às solicitações da ligação vão de falta de linearidade entre as furações, que podem ser devido a desvios fabris ou em estruturas em concreto que recebem as estruturas metálicas, ou alta do parafuso em obra no momento da pré-montagem.



Figura 15 – Falta de parafusos em ligação da estrutura principal – 01



Figura 16 – Falta de parafusos em ligação da estrutura principal – 02

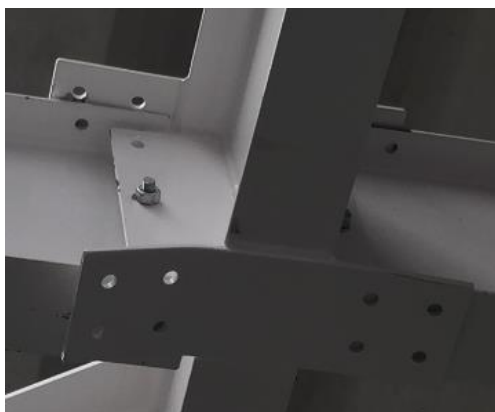
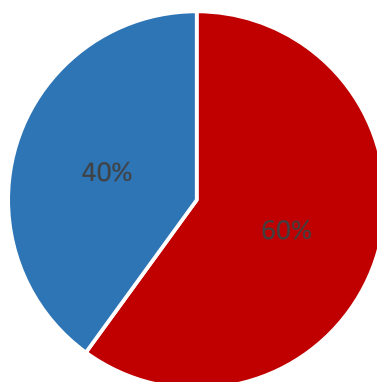


Figura 17 – Falta de parafusos em ligação da estrutura principal – 03

Falta de parafuso



■ Com Desvio ■ Sem Desvio

Gráfico 05 – Empreendimentos com e sem desvios – Falta de parafuso

3.6 Não conformidade na especificação do parafuso

Pode-se dividir a especificação dos parafusos em 3 quesitos:

- Dimensões;
- Especificação do aço (resistência estrutural);
- Especificação da proteção (resistência anticorrosiva).

Em todos os trabalhos de inspeções nas ligações, referente a este trabalho, não se observou desvio no diâmetro dos parafusos, ou seja, em relação às dimensões a não conformidade executiva estava relacionada ao comprimento do parafuso. Seja comprimento total ou apenas do fuste, conforme será reportado no próximo item. Contudo, foram detectados desvios na especificação do aço e na especificação da proteção do substrato metálico – proteção anticorrosiva.

Em relação à especificação dos parafusos, os documentos diligenciados foram: informações nos projetos básicos; proposta técnica da fabricante/fornecedora das estruturas metálicas e projetos executivos de montagem. O exemplo a seguir é em relação à proposta técnica da fabricante/fornecedora. Na proposta constavam todos parafusos galvanizados a fogo. Contudo, em campo, haviam parafusos galvanizados a fogo e, com as mesmas dimensões, eletrolíticos. Além do desvio do produto vendido versus o fornecido, a mistura de parafusos causa a perda da rastreabilidade, visto que se tratam de lotes distintos.



Figura 18 – Parafusos A325 5/8" (Esq.) Eletrolítico e (Dir.) Galvanizado a fogo

Já em relação ao exemplo a seguir, tem-se a determinação de projeto executivo de utilização de parafusos A490. Contudo, observa-se a utilização de parafusos A490 e A325.

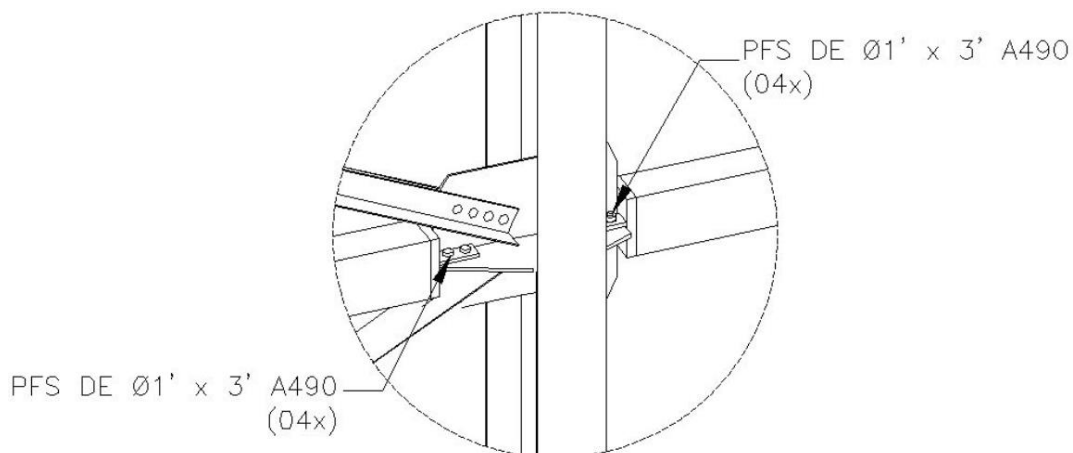


Figura 19 – Detalhe executivo de montagem – Parafusos A490

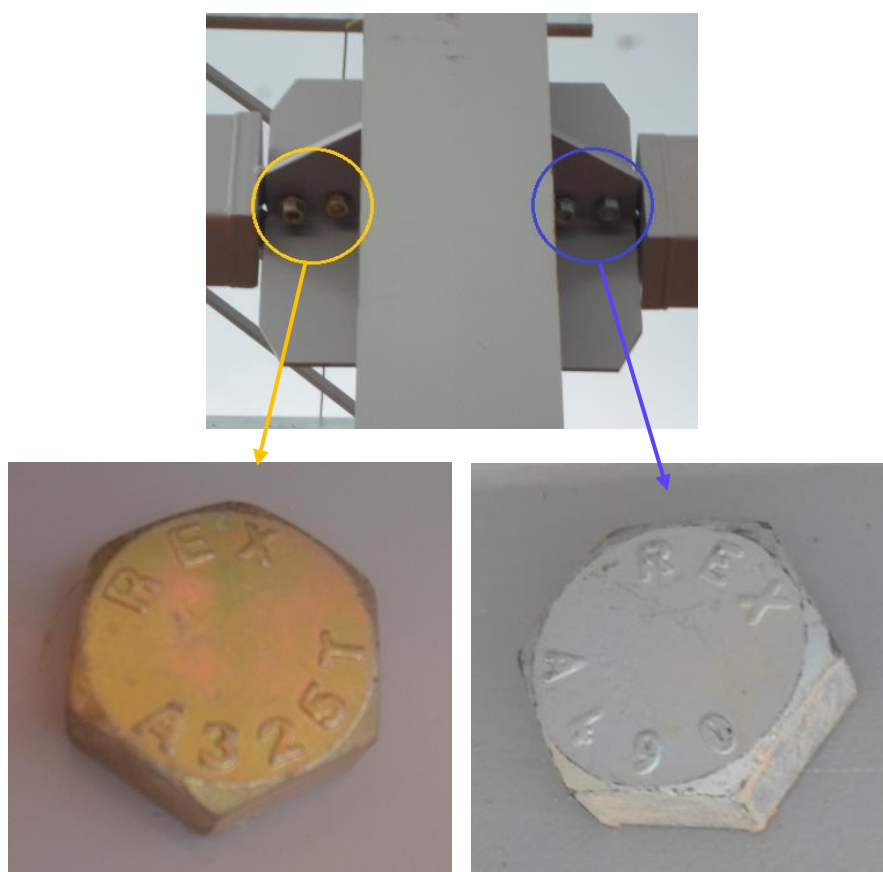


Figura 20 – Desvio executivo na especificação de parafusos. (Esq.) Paraf. A325 no lugar de A490

Neste mesmo empreendimento, ilustrado nas imagens das Figuras 14 e 15, foi observada a mistura, em uma mesma ligação de emenda de pilar, entre parafusos A325 e A490, porcas bicromatizadas e geomet.



Figura 21 – Mistura de parafusos e porcas com especificações diferentes

Não conformidade na especificação do parafuso

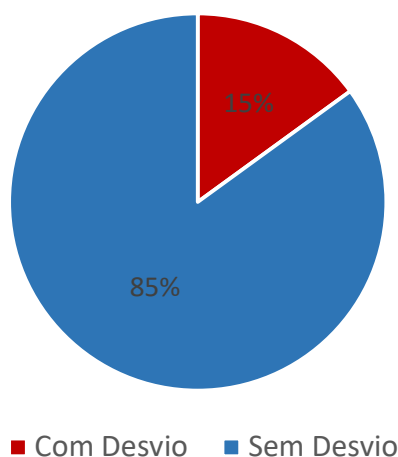


Gráfico 06 – Empreendimentos com e sem desvios – Não conformidade na especificação do parafuso

3.7 Não conformidade no comprimento do parafuso

O parafuso é composto por cabeça e corpo. Para o dimensionamento do comprimento do parafuso, deve-se trabalhar com “folga” para compensar as tolerâncias fabris (toleráveis deslocamentos nas chapas de ligação em função das execuções de soldagem na fabricação, espessura de pinturas ou galvanização, etc.) e executivas (tolerância em estruturas em concreto como desaprumos em pilares que receberão ligações mistas - insertos ou chumbadores).

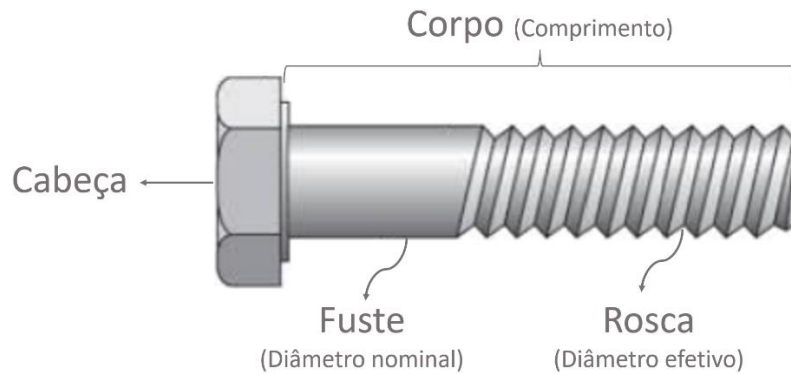


Figura 22 – Componentes do parafuso

Neste quesito, observa-se desvios significativos por comprimento inferior ao necessário para garantia de preenchimento total da porca, conforme item 6.7.2.2 da NBR 8800 [2]: “O comprimento do parafuso deve ser tal que, após a instalação, sua extremidade coincida com ou ultrapasse a face externa da porca”. Contudo, como será visualizado na Figura 19, tem-se, em menor incidência, o desvio por não considerar corretamente o comprimento do fuste do parafuso, impossibilitando o seu aperto normal.



Figura 23 – Comprimento insuficiente de parafuso

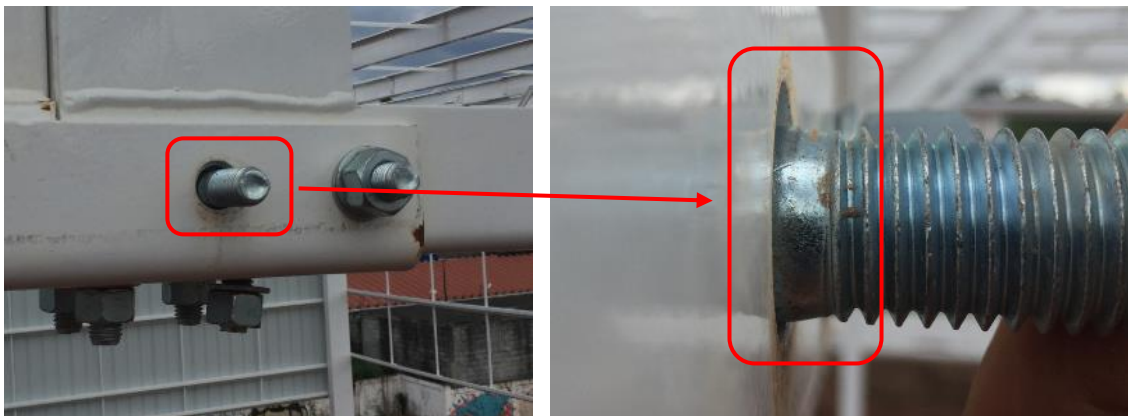


Figura 24 – Desvio na consideração do comprimento do fuste do parafuso

Não conformidade no comprimento do parafuso

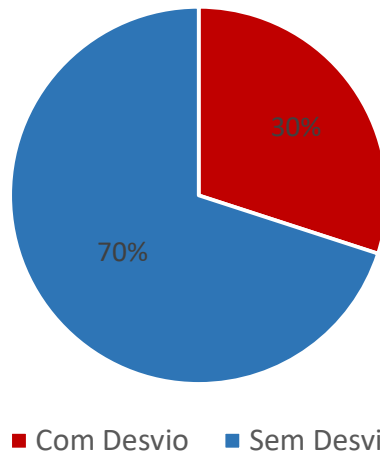


Gráfico 07 – Empreendimentos com e sem desvios – Não conformidade no comprimento do parafuso

3.7 Reutilização indevida de parafusos

A necessidade de reutilização de parafusos, em montagem de estruturas metálicas, não é comum. Em todos os empreendimentos inspecionados, este evento ocorreu uma única vez, na desmontagem e remontagem de 3 vigas de ponte rolante. A reutilização de parafusos é permitida, desde que respeitados alguns critérios, previsto na NBR 8800 [2], sendo:

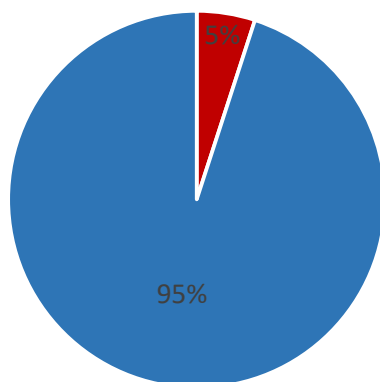
- Parafusos A490 não podem ser reutilizados;
- Parafusos A325 galvanizados a fogo não podem ser reutilizados;
- Demais parafusos A325 podem ser reutilizados, desde que com aprovação do responsável técnico.

No caso da imagem abaixo, os parafusos já haviam sido retirados, antes da evidência de reutilização indevida, em função dos parafusos serem galvanizados a fogo. Contudo, optou-se pelo reporte deste desvio para compilação com os demais reportados anteriormente.



Figura 25 – Parafusos A325 galvanizados a fogo - reutilizados

Reutilização indevida de parafuso



■ Com Desvio ■ Sem Desvio

Gráfico 08– Empreendimentos com e sem desvios – Reutilização indevida de parafuso

A primeira constatação a ser explicitada é que em todos os empreendimentos foram observados algum tipo de desvios nas ligações principais.

Empreendimentos diligenciamentos

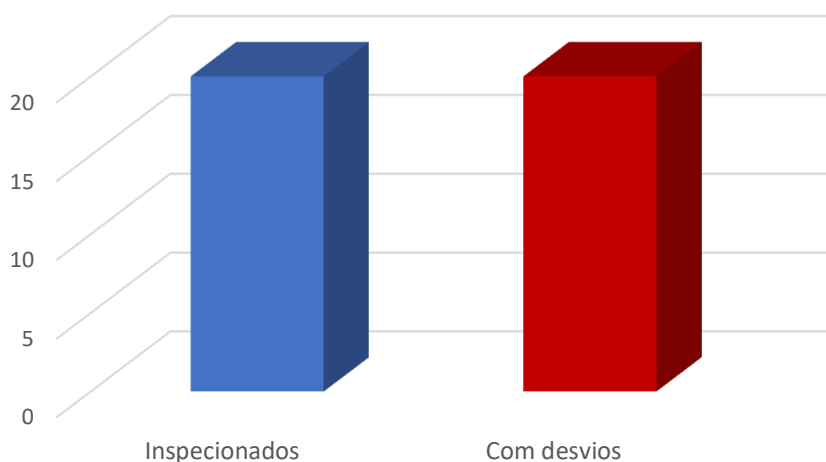


Gráfico 09 – Total de empreendimentos inspecionados e total com desvios

Por tipologia e quantidade, da maior para menor incidência, constatou-se nesta gama de empreendimentos o seguinte:

Incidência dos desvios

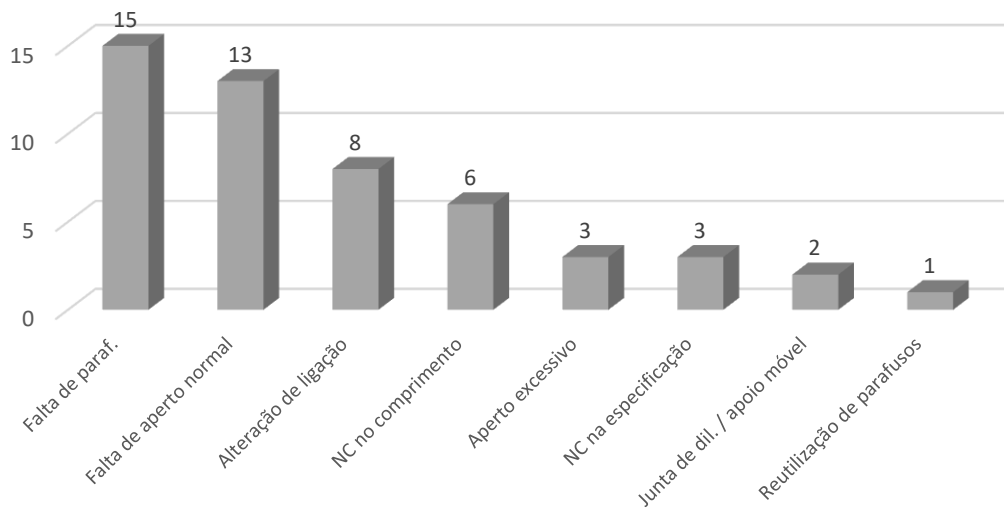


Gráfico 10 – Incidência dos desvios

Faz-se duas observações em relação à incidência de desvios mostrada no gráfico, acima. Nos 20 empreendimentos verificados, haviam duas ligações tipo: junta de dilatação. Em ambas as ligações identificou-se desvio executivo em desacordo com o especificado nos projetos executivos de montagem.

Também, na gama total de montagens verificadas, em apenas uma obra ocorreu a necessidade de desmontagem e remontagem, na qual procedeu-se com a reutilização indevida de parafusos A325 galvanizados a fogo e já protendidos, estando em desacordo com o recomendado no item 6.7.4.7 da NBR 8800 [2], “os parafusos A325 galvanizados não podem ser reutilizados”.

Em relação à tipologia do empreendimento (utilização), dividido em: Grupo 1 – Galpões Logísticos; Grupo 2 – Indústrias e Grupo 3 – Empreendimentos comerciais, foi identificada significativa maior incidência nos empreendimentos industriais, sendo justamente aqueles compostos por estruturas que requerem maior controle na execução/montagem face às estruturas como: *pipe racks*, pontes rolantes, etc.

Conforme gráfico a seguir, praticamente 50% dos desvios estão concentrados em 35% dos empreendimentos, que correspondem aos empreendimentos industriais.

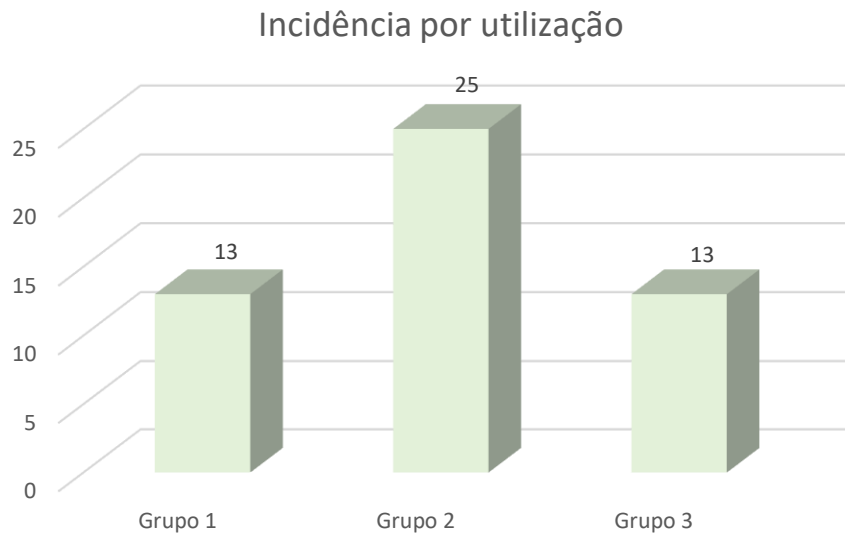


Gráfico 11 – Incidência dos desvios por tipologia (utilização) do empreendimento.

Outra constatação que se faz necessária salientar é que nos empreendimentos industriais (Grupo 2) foram constatados todos os tipos de desvios.

4 CONCLUSÃO

A opção pela utilização de ligações parafusadas na montagem de estruturas metálicas se justifica por vários fatores. Conforme citado em Bellei [3], uma das principais vantagens é a não necessidade de especialização e/ou qualificação dos executores, diferentemente do que ocorre em ligações soldadas. Contudo, observa-se a necessidade de atenção à orientação e verificação dessas execuções. Comprova-se necessário que o engenheiro residente (engenheiro de montagem) deve proceder com a verificação prévia dos acessórios em obra, ou seja, constatar que os parafusos necessários para aquela montagem estão em obra, além de orientar os montadores sobre a execução e, posteriormente, proceder com a verificação/inspeção pós montagem. Caso seja observado desvio fabril que impeça a execução da montagem parafusada, o responsável técnico (engenheiro projetista/calculista) deve ser imediatamente informado para que auxilie ou determine a solução executiva, com posterior revisão de projeto executivo.

O fato de ser observado que em todos os empreendimentos inspecionados detectou-se algum tipo de desvio executivo nas ligações parafusadas não significa, em hipótese alguma, inviabilidade executiva por esta opção. Conforme citado em Denipotti [1], observam-se desvios diversos em quesitos diversos na montagem de estruturas metálicas, incluindo ligações soldadas. O exposto neste trabalho não configura inviabilidade deste tipo ligação, pelo contrário, corrobora que toda a montagem das estruturas metálicas deve ser acompanhada por profissional qualificado ou inspecionada por empresas especializadas.

Outro fator constatado que requer especial relevância é a constatação de maior incidência de desvios em estruturas industriais. Esta constatação não pode ser, equivocadamente, utilizada para orientar que montagem de estruturas industriais requerem maior rigor na inspeção/verificação em relação a empreendimentos comerciais e/ou galpões logísticos. Todos os trabalhos executivos devem ser inspecionados e/ou verificados/inspecionados por profissional qualificado.

Agradecimentos

Agradeço a todos os meus clientes que me proporcionam o prazer de fazer o que eu gosto e ainda me remuneram. Agradeço aos meus colaboradores, aos meus parceiros, mas em especial aos montadores e ajudantes de montagem de estruturas metálicas que sempre me tratam com muito respeito, além de me proporcionarem infundável aprendizado. E por fim, agradeço à minha família (filhas e esposa).

REFERÊNCIAS

- 1 Denipotti, Guido José. ABORDAGEM DOS PRINCIPAIS DESVIOS EXECUTIVOS NA MONTAGEM DE ESTRUTURAS METÁLICAS. São Paulo: ABCEM, 2019.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800: Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios. Rio de Janeiro; 2008.
- 3 Bellei, Ildony Hélio. EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS EM AÇO (6ª edição). São Paulo: Pini, 2010