

VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DAS LIGAÇÕES PARAFUSADAS EM CHAPAS METÁLICAS SEGUNDO A NBR 8800:2008.

Cibeli Beatriz Scherer¹

Júlia Mazurik²

Telmo Egmar Camilo Deifeld³

Resumo:

Considera-se que as ligações são pontos fracos da estrutura, e dessa forma, exigem grande cuidado para resistirem aos esforços quando solicitadas. Sabendo disso, é importante conhecer as peculiaridades das ligações em estruturas metálicas, pois estas podem pôr em risco a durabilidade e a segurança estrutural em caso de falha no dimensionamento. Desta forma, este trabalho visa verificar a segurança de ligações parafusadas em chapas metálicas submetidas a esforços de tração, que será feita considerando os seguintes efeitos: a) cisalhamento dos parafusos; b) tração na chapa; c) pressão de apoio e rasgamento da chapa; d) Cisalhamento de bloco. Através das prescrições da NBR 8800:2008, foram dimensionados cinco tipos diferentes de ligação, para a posterior realização do ensaio de tração de modo a determinar a carga máxima que, de fato, cada ligação pode suportar, e compará-la com o resultado esperado. O dimensionamento das ligações foi realizado afim de obter as diferentes formas de ruptura, levando em conta a espessura das chapas, diâmetro, quantidade e espaçamento dos parafusos. Os ensaios foram executados com chapas de aço ASTM A36, ASTM A572 Gr 50 e parafusos ASTM A325. Considerando todos os ensaios em que se obteve ruptura, aproximadamente 60% dos ensaios realizados apresentaram o tipo de ruptura desejado, com variações na carga de ruptura em relação à carga prevista.

Palavras-chave: Ligações Parafusadas, Segurança Estrutural, Tração Simples.

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DAS LIGAÇÕES PARAFUSADAS EM CHAPAS METÁLICAS SEGUNDO A NBR 8800:2008.

¹ Aluno de graduação. cibibeatriz@gmail.com. Autor principal

² Graduada em Engenharia Civil . julinha_maz@gmail.com. Co-autor

³ Docente. telmodeifeld@unipampa.edu.br. Orientador

VERIFICAÇÃO DO COMPORTAMENTO DAS LIGAÇÕES PARAFUSADAS EM CHAPAS METÁLICAS SEGUNDO A NBR 8800:2008.

1 INTRODUÇÃO

Desde o século XVIII, quando se iniciou a utilização de estruturas metálicas, houve um grande desenvolvimento dos métodos construtivos que fazem uso do aço, revolucionando a engenharia civil (PFEIL, 2009). Com a percepção das vantagens das estruturas de aço, que são basicamente: maior resistência, menor peso da estrutura, capacidade de suportar maiores vãos, perfis estruturais mais esbeltos e, conseqüentemente, maior área útil, este método construtivo foi tornando-se cada vez mais usual.

O setor de fornecimento de estruturas de aço apresenta grande expansão no cenário nacional atual, que proporcionam um desenvolvimento nos estudos referentes à otimização e melhoramento dos métodos de dimensionamento. O seu dimensionamento adequado é um fator importante que tem influência na escolha do aço para formar o sistema estrutural, já que deve agregar confiabilidade e o menor custo de fabricação possível, tornando o sistema mais seguro e competitivo.

Assim como qualquer outro sistema, as estruturas de aço necessitam de ligações entre elementos estruturais e dispositivos. A união entre elementos pode ser feita por meio de conectores (rebites ou parafusos), ou através de solda, sendo as ligações parafusadas uma solução bastante utilizada quando se refere a facilidade de execução em campo (PFEIL, 2009). Essas ligações apresentam grande influência no comportamento da estrutura, já que é por meio delas que ocorrem as transmissões de esforços.

Considera-se que as ligações são pontos fracos da estrutura, e dessa forma, exigem grande cuidado para resistirem aos esforços quando solicitadas. No dimensionamento, apresentam-se como um dos componentes estruturais mais complexos. Porém, na prática, é dedicada pouca atenção à concepção das ligações metálicas, e o seu cálculo é muitas vezes tratado de forma simplificada e pouco rigorosa.

A pesquisa em campo das ligações metálicas é de grande importância, já que somente através dela é possível garantir um desempenho adequado das ligações metálicas perante os Estados Limites Últimos e de Serviço. Para isso, são necessários estudos aprofundados a respeito dos mecanismos existentes nas ligações metálicas. Assim, entende-se justificada a necessidade de verificar a segurança segundo os critérios apresentados pela NBR 8800/2008.

Este trabalho consiste em determinar a resistência das ligações metálicas parafusadas do tipo apoio, com furo padrão, submetidas a esforços de tração, fazendo uma análise comparativa dos resultados encontrados em campo e aqueles obtidos através dos cálculos propostos pela NBR 8800/2008.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram confeccionados quatro corpos-de-prova, para cada tipo de ruptura. O dimensionamento das ligações foi realizado com o intuito de obter 4 tipos diferentes de falhas à tração, sendo estas: ruptura por cisalhamento dos parafusos, ruptura por tração na chapa, ruptura por pressão de apoio e rasgamento e ruptura por cisalhamento de bloco. Os materiais analisados e utilizados neste trabalho estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 -Materiais utilizados no desenvolvimento da pesquisa.

Material	Tipo de Aço	Utilização	Espessura
Chapa de Aço	ASTM A572 Gr 50	Chapas de Ligação	1/8"
Chapa de Aço	ASTM A36	Chapas de Ligação	1/16"
Barra Chata	ASTM A36	Chapas a Serem Ligadas	3/8"
Parafuso Ciser 8.8	ASTM A325	Conectores	3/16"
Parafuso Ciser 8.8	ASTM A325	Conectores	5/16"
Barra de Aço Nervurada	CA-50	Adaptação para o Ensaio	φ 1"

Fonte: Mazurik, Júlia (2017).

O dimensionamento foi feito segundo a NBR 8800/2008, considerando que as chapas de ligação eram de aço ASTM A36, conforme informação do fornecedor. Foi considerado previamente que os parafusos utilizados seriam comuns do tipo ASTM A307, visto que se fossem de maior resistência não ocorreria variação no tipo de ruptura. Nos cálculos de dimensionamento não foram considerados coeficientes de ponderação, visto que o objetivo é comparar o resultado de cálculo máximo resistente com a carga máxima suportada em campo.

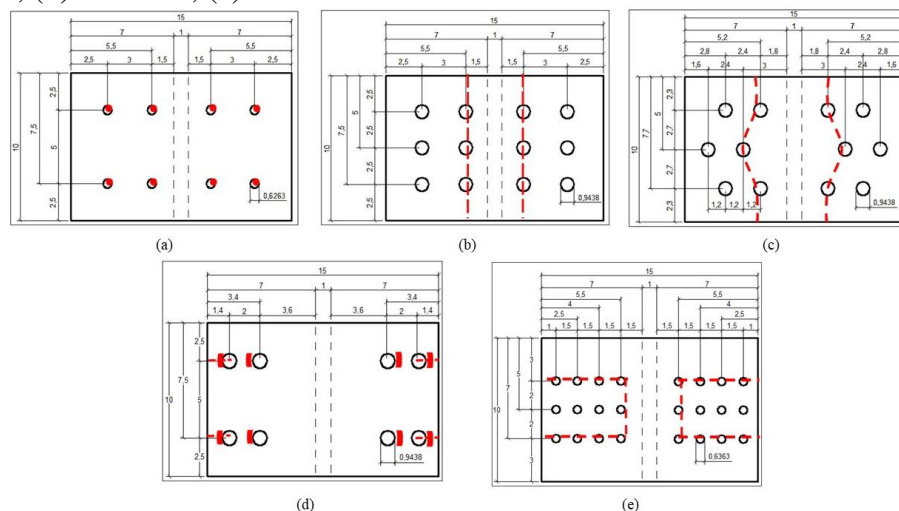
O primeiro ensaio realizado teve como objetivo a ruptura por cisalhamento dos parafusos. Desse modo, foram utilizados parafusos de pequeno diâmetro, além de pouca quantidade dos mesmos, conforme figura 1 (a).

O segundo e o terceiro ensaio tiveram como objetivo a falha por tração da chapa. Realizou-se dois ensaios pelo fato de que a ruptura pode ocorrer em linhas diferentes. Sendo assim, o segundo ensaio foi dimensionado para a ocorrência de um rompimento em linha reta, enquanto o terceiro ensaio tinha como objetivo uma falha em zigzag, que podem ser visualizados nas figuras 1 (b) e 1 (c), respectivamente.

Foi realizado um quarto ensaio que teve um dimensionado buscando uma ruptura por pressão de apoio e rasgamento. Para isso, foi necessário desprezar o espaçamento mínimo entre a borda da chapa e o centro do furo, previsto pela NBR 8800:2008. O caminho de ruptura proposto pode ser observado na figura 1 (d).

Um quinto ensaio foi realizado com o objetivo de visualizar uma ruptura por cisalhamento de bloco. Para isso, conforme figura 1 (e), foram dispostos parafusos de diâmetro pequeno, com pouco espaçamento entre si ao longo da largura e do comprimento.

Figura 1 – Caminhos de ruptura propostos para os ensaios. (a) Ensaio 1; (b) Ensaio 2; (c) Ensaio 3; (d) Ensaio 4; (e) Ensaio 5.

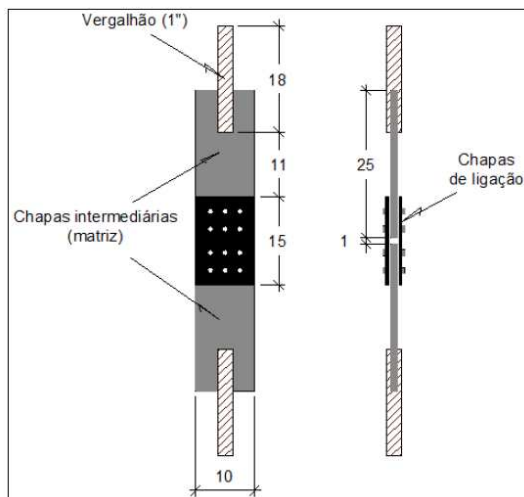


Fonte: Mazurik, Júlia (2017).

Com o objetivo de obter a ruptura das chapas de ligação, determinou-se que estas teriam espessura de 3 mm, enquanto as chapas a serem ligadas apresentam espessura de 9,5 mm. As chapas foram obtidas com o corte de chapas inteiras, de forma manual, com a máquina de corte a disco. Após, foi feito o acabamento das arestas com uma lixadeira.

Para a realização dos ensaios foi necessária uma adaptação com vergalhões de aço soldados às chapas intermediárias, formando matrizes para cada ensaio. A adaptação ocorreu devido a máquina utilizada para os ensaios de tração não possibilitar ensaios com chapas, apenas barras. O esquema desta adaptação pode ser visualizado na figura 2.

Figura 2 – Matrizes do ensaio de tração.



Fonte: Mazurik, Júlia (2017).

A posição dos furos foi medida previamente, e demarcada. Posteriormente, realizou-se a marca de punção. Para que os furos mantivessem um padrão de espaçamento, realizou-se um ponto de solda para que as chapas fossem perfuradas ao mesmo tempo, usando uma furadeira de bancada. O ensaio de tração foi realizado fixando os vergalhões de aço à máquina, e aplicando um carregamento progressivo para a determinação das resistências máximas.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Ao realizar os ensaios de tração foi possível observar uma incoerência quanto às propriedades dadas pelo fornecedor. Visto isso, realizou-se ensaios de tração para a caracterização do material dos corpos-de-prova. Com o ensaio foi possível verificar que o aço utilizado tem características mecânicas equivalentes às do aço ASTM A572 Gr 50. O resumo das resistências para cada tipo de falha é apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Resistências para cada tipo de falha.

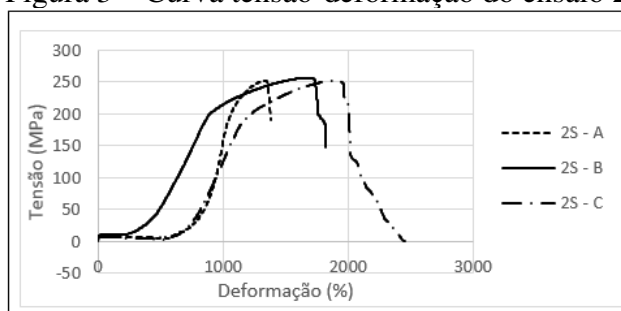
AMOSTRA	Parafuso		Chapa	Resistência Nominal de Cálculo			
	Quantidade	ϕ (cm)	Espessura (cm)	Cisalhamento dos Parafusos (kN)	Tração na Chapa (kN)	Pressão de Apoio e Rasgamento (kN)	Cisalhamento de Bloco (kN)
Ensaio 1	4	0,48	0,3	47,04	112,8	65,98	116,69
Ensaio 2	6	0,79	0,15	195,98	41,38	72,01	59,18
Ensaio 3	6	0,79	0,15	195,98	39,7	53,65	50,49
Ensaio 4	4	0,79	0,3	130,65	111,29	68,72	147,15
Ensaio 5	12	0,48	0,15	141,12	47,38	66,55	34,5

Fonte: Mazurik, Júlia (2017).

No primeiro ensaio, que buscava a falha por cisalhamento dos parafusos, os parafusos romperam com uma média de 63,56 kN, enquanto o dimensionamento indicava uma capacidade máxima de 47,04 kN. O valor real obtido foi, em média, 25% maior do que o previsto. Explica-se essa diferença na reserva técnica de resistência presente nos materiais. A figura 4 (a) mostra o corpo-de-prova do ensaio após a ruptura.

No segundo ensaio verificou-se a ruptura por tração na chapa em linha reta, conforme esperado e visualizado na figura 4 (b), porém a ruptura ocorreu com uma carga 8% em comparação com a esperada. A ligação deveria suportar 41,38 kN em cada chapa, totalizando 82,76 kN, mas a ruptura ocorreu com 76,08 kN. A área total tracionada foi de 300 mm², apresentando assim uma tensão de ruptura média de 253,59 Mpa. A curva tensão-deformação observada no segundo ensaio é apresentada na figura 3.

Figura 3 – Curva tensão-deformação do ensaio 2.



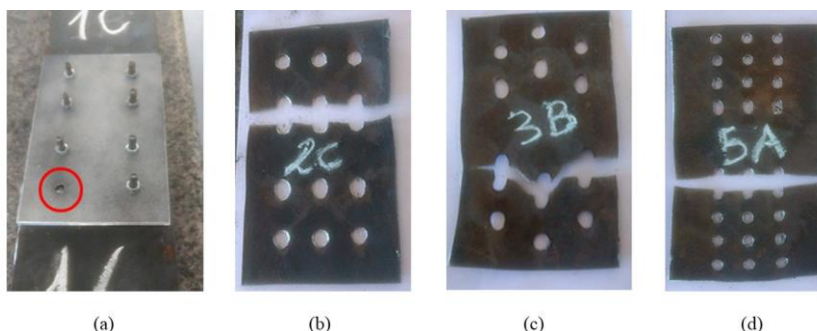
Fonte: Mazurik, Júlia (2017).

Na realização do terceiro ensaio também se esperava ruptura por tração na chapa, e desta forma ocorreu. A ruptura em ziguezague, visualizada na figura 4 (c), ocorreu com um carregamento de 39,7 kN, 2% maior do que o esperado pelo dimensionamento.

No quarto ensaio, que objetivava uma ruptura por rasgamento ou pressão de apoio, ocorreu um erro de execução. A ligação foi dimensionada para quatro parafusos de 8 mm de diâmetro, porém, na execução foram feitos furos para parafusos de 5 mm de diâmetro. Com isso, ocorreu neste ensaio uma falha por cisalhamento dos parafusos, decorrente da diminuição do diâmetro dos mesmos. A ligação foi redimensionada para as condições reais de ensaio, apresentando uma resistência de 47,07 kN quanto ao cisalhamento dos parafusos. A ligação rompeu por cisalhamento dos parafusos, com uma carga de 54,8 kN, sendo esta 14 % maior que a dimensionada.

No quinto ensaio se esperava falha por cisalhamento de bloco, porém a ruptura do conjunto ocorreu por tração na chapa, conforme figura 4 (d), com carga de 77,23 kN, sendo que o dimensionamento apontava ruptura por cisalhamento de bloco com 69 kN.

Figura 4 – Corpos-de-prova após a ruptura. (a) Ensaio 1; (b) Ensaio 2; (c) Ensaio 3; (d) Ensaio 5.

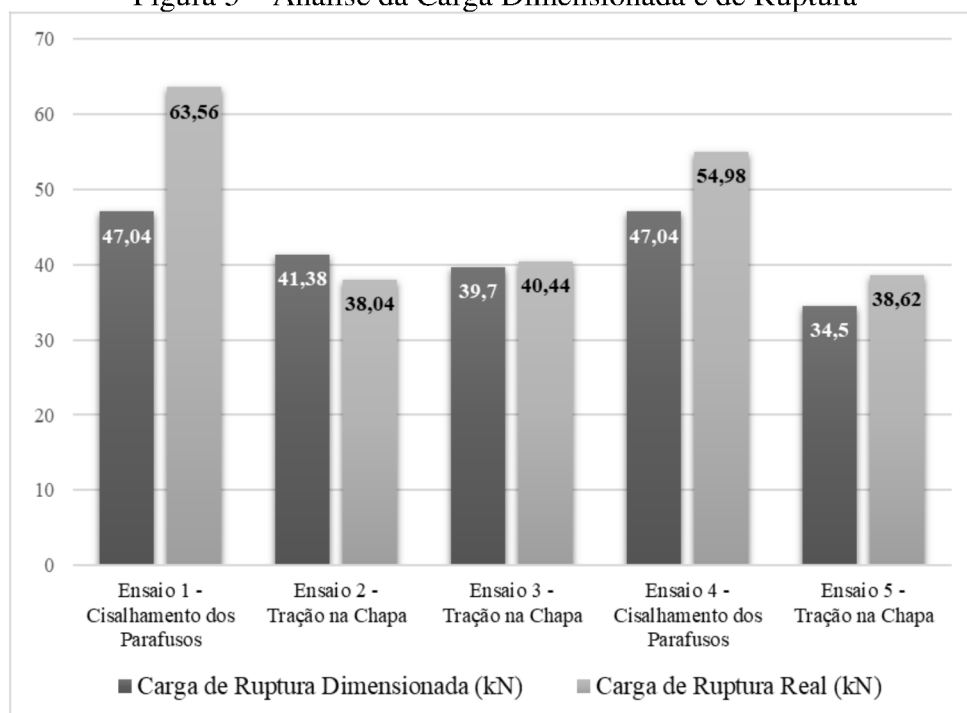


Fonte: Mazurik, Júlia (2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho buscou avaliar a segurança das ligações parafusadas em chapas metálicas submetidas à esforços de tração, seguindo os critérios da NBR 8800:2008. Os resultados finais obtidos nos cinco ensaios são apresentados na figura 5.

Figura 5 – Análise da Carga Dimensionada e de Ruptura



Fonte: do autor, 2018.

Com isso, conclui-se que os ensaios que avaliaram o cisalhamento dos parafusos obtiveram resultados satisfatórios. O efeito de tração na chapa foi visualizado tanto em linha reta, como em ziguezague, apresentando-se como um ensaio eficiente. Os resultados quanto à ruptura por pressão de apoio e rasgamento ficaram comprometidos por um erro no projeto da ligação, e acabou-se avaliando o cisalhamento dos parafusos.

No caso em que se queria avaliar o cisalhamento de bloco houve ruptura por tração da chapa. O fato de não ocorrer ruptura por cisalhamento de bloco pode ter explicação no conservadorismo da equação de cisalhamento de bloco, que leva em conta apenas o menor de dois valores calculados.

REFERÊNCIAS

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.

MAZURIK, J. **Verificação da segurança de ligações parafusadas em chapas metálicas segundo a NBR 8800:2008**. 2017. 129f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pampa, 2017.

PFEIL, W., PFEIL M. **Estruturas de Aço Dimensionamento Prático de acordo com a NBR 8800**. 8º ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.