

ESTUDO DO COMPORTAMENTO DE VIGAS MÉTALICAS COM LIGAÇÕES PARAFUSADAS

Ronivon Soares Pereira¹
Diego Borja Ferreira¹
Adriana Mikulaschek²
Arnaldo Alves Araújo³

RESUMO

Este artigo tem por objetivo analisar a capacidade resistente de vigas bi apoiadas em aço constituídas de perfis tipo I laminados de abas paralelas com dois eixos de simetria, sendo dotadas de emendas com parafusos de alta resistência do tipo ASTM A325 de diâmetro 19 mm, estando os modelos solicitados por esforços de flexão simples. Todas as vigas foram ensaiadas até a ruptura, ruptura esta, apresentada fora das ligações, se mantendo íntegros tanto as chapas de ligação quanto os parafusos conectados. As vigas ensaiadas apresentaram carga de ruptura entre 73% para a viga V3L e 82% para a viga V1L com relação à viga de referência VREF que não possui ligações.

Palavras-chave: aço; parafusos; estruturas de aço; flexão simples.

ABSTRACT

This article aims to analyze the bearing capacity of steel beams supported by profiles consist of type I rolled parallel flanges with two axes of symmetry, being endowed with seams with high strength bolts type ASTM A325, diameter 19 mm, being requested by models of simple bending efforts. All beams were to rupture , break this , provided outside of links , keeping intact both the connecting plates connected as screws. The beams tested showed between 73 % breaking load beam and V3L to 82 % for V1L beam with respect to the VREF reference beam that has no connections.

Keywords: steel; bolts; steel structures; simple bending.

¹ Mestre em Engenharia Civil

² Mestre em Arquitetura e Urbanismo

³ Engenheiro Civil

INTRODUÇÃO

Quando se depara com estruturas metálicas de grande porte como torres de transmissão de energia, pontes metálicas, edifícios de múltiplos andares em aço, hangares e outras construções em que se utiliza a estrutura metálica, todas estas obras não poderiam ter um bom desempenho se não fossem a qualidade do projeto, dos materiais envolvidos, dos processos de fabricação e montagem, inspeção e manutenção.

As estruturas metálicas, principalmente as de perfis tipo I laminados de abas paralelas dependem do controle de qualidade em suas emendas parafusadas, (SILVA, 2006). Por isso a importância de se estudar este tema, que tem o intuito de fornecer uma contribuição fundamental para os projetistas, fabricantes e montadores de estruturas metálicas que precisam fazer com que seu produto possa competir com este mercado cada vez mais globalizado e exigente, de forma segura e econômica.

De acordo com Pfeil (2009) laminação é o processo pela qual o aço é transformado nos principais produtos siderúrgicos utilizados nas estruturas da construção civil, podem ser chapas e perfis laminados. Placas de aço são aquecidas ao rubro e introduzidas nos laminadores desbastadores, são utilizados dois rolos giratórios para comprimir a placa de aço, desta forma a placa reduz a seção e aumenta o seu comprimento. Estes produtos siderúrgicos são utilizados na indústria da construção civil.

MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram confeccionadas três vigas com 3000 mm de comprimento sendo um perfil Gerdau Aço Minas laminado com abas paralelas do tipo W 250 x 22,3 ASTM-A572 com altura de 250 mm, espessura da chapa da alma de 5,8 mm e espessura da chapa da mesa de 6,9 mm, de acordo com a NBR 7007 (2011). Os materiais foram caracterizados de acordo com a norma NBR 6152 (2002).

As vigas com emendas seguiram as recomendações feitas por Valenciani (1997) que desenvolveu sua pesquisa analisando ligações em elementos estruturais de aço, e Gomes (2006) que analisou a resistência de perfis H laminados de abas paralelas.

Uma das vigas ensaiadas não possui emenda e é aproveitada neste estudo como referência para as demais vigas com emendas, e as outras vigas empregadas continham ligações parafusadas, ao passo que o parafuso de alta resistência utilizado foi o ASTM-A325 3/4 x 2", porca sextavada 3/4" com 10 fios de rosca e arruela lisa 3/4" x 44 x 2,0 mm. A chapa de ligação

utilizada possui 6,3 mm de espessura onde se executou furos com medidas padronizadas para fazer as emendas, de acordo com RCSC (2009).

Os ensaios das vigas submetidas à flexão simples foram realizados no Laboratório de Estruturas da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (EEC/UFG).

Foram utilizados extensômetros de resistência elétrica para aço da marca EXCEL que medem deformações. Os extensômetros ficaram devidamente posicionados na chapa de ligação, na mesa inferior, na mesa superior e na alma da viga como mostra a Figura 1.



Figura 1. Preparação da viga utilizada no ensaio.

A configuração do arranjo estrutura de ensaio simula uma viga bi-apoiada, onde cada viga ensaiada tinha um comprimento total de 3000 mm, o vão livre entre os apoios foi de 2850 mm. As vigas foram sujeitas à aplicação de duas forças concentradas de mesmo valor equidistantes dos apoios, posicionadas a 1220 mm de cada apoio. Justificou-se o fato da distância de 1220 mm de cada apoio ser definida, tendo em vista a padronização e a montagem de duas forças concentradas na viga que poderiam ser aplicadas em cima das emendas que estão posicionadas a um terço dos apoios. A Figura 2 mostra um sistema esquematizado de ensaio das vigas.

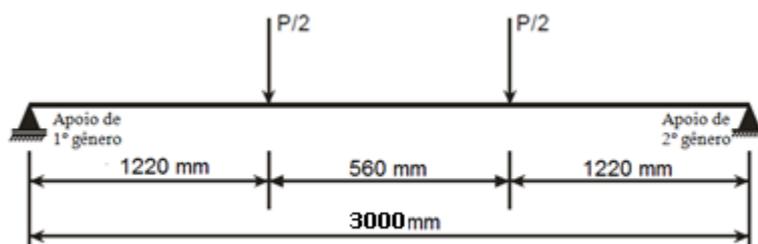


Figura 2. Esquema de aplicação das forças.

As vigas foram posicionadas sobre aparelhos de apoio formados por chapas metálicas e cilindros de aço. A Figura 3 apresenta os aparelhos de apoio. O apoio tipo (a) simula um apoio do 1º gênero, o qual permite deslocamento horizontal e rotação em torno do eixo longitudinal do cilindro de apoio, enquanto o apoio tipo (b) simula um apoio do 2º gênero, restringindo os deslocamentos e permitindo a rotação em torno do eixo longitudinal do cilindro de apoio. Estes aparelhos de apoio foram posicionados sobre blocos rígidos.

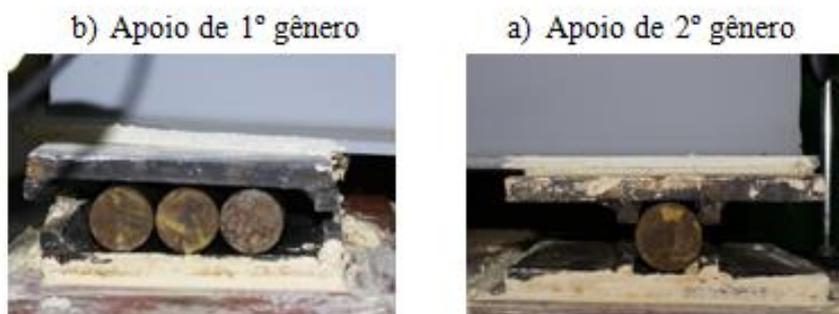


Figura 3. Apoios de primeiro e segundo gênero.

A Figura 4 ilustra todo o aparato experimental.

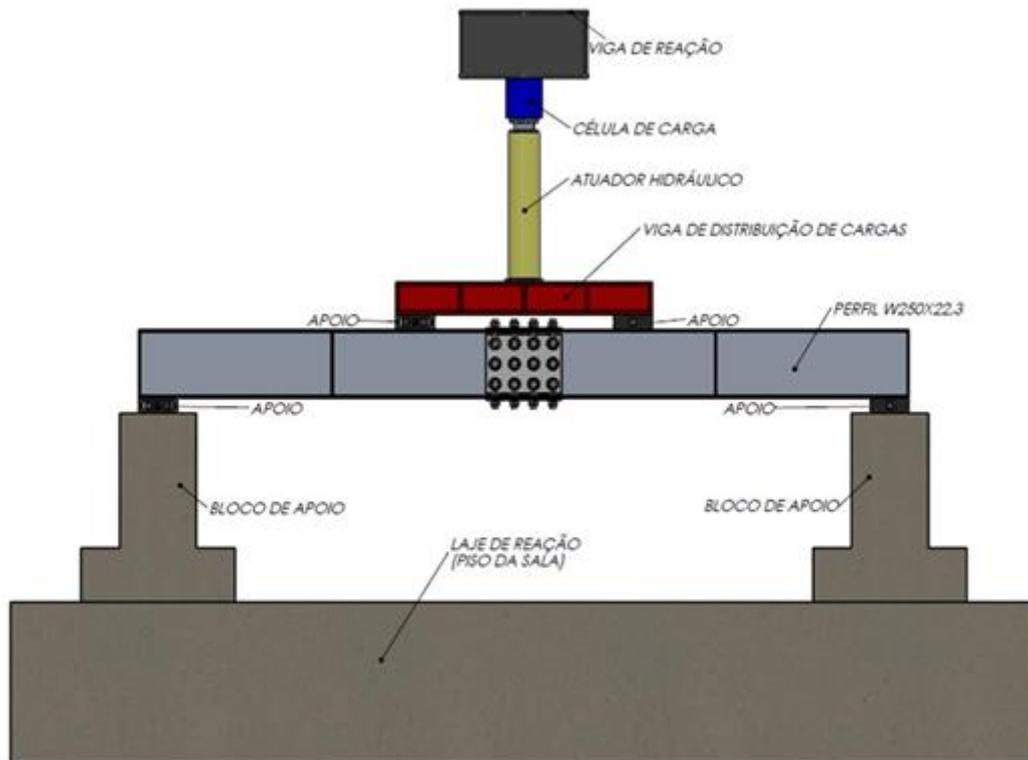


Figura 4. Ilustração do esquema montado para o ensaio de viga.

Para a medição dos deslocamentos verticais foram utilizados cinco defletores da marca Mytutoyo com sensibilidade de 0,01 mm, posicionados ao longo da viga em posições pré-determinadas. O carregamento foi aplicado com a ajuda de atuador hidráulico da marca Yellow Power com capacidade de 500 kN, e sua intensidade foi verificada por uma célula de carga posicionada entre o atuador hidráulico e a viga de reação.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Deslocamentos Verticais

Os deslocamentos verticais, conforme descritos anteriormente foram medidos por defletores posicionados na mesa tracionada da viga (R2 e R4) sob os pontos de aplicação das forças, no meio do vão (R3) e a 600 mm do apoio da direita na mesa comprimida da viga (R1) e 600 mm do apoio da esquerda na mesa comprimida da viga (R5) a carga de retirada dos defletores foi indicada por P_u^{lei} enquanto a carga de ruptura foi dada por P_u .

Os deslocamentos verticais são exibidos nas Figuras 5 a 7.

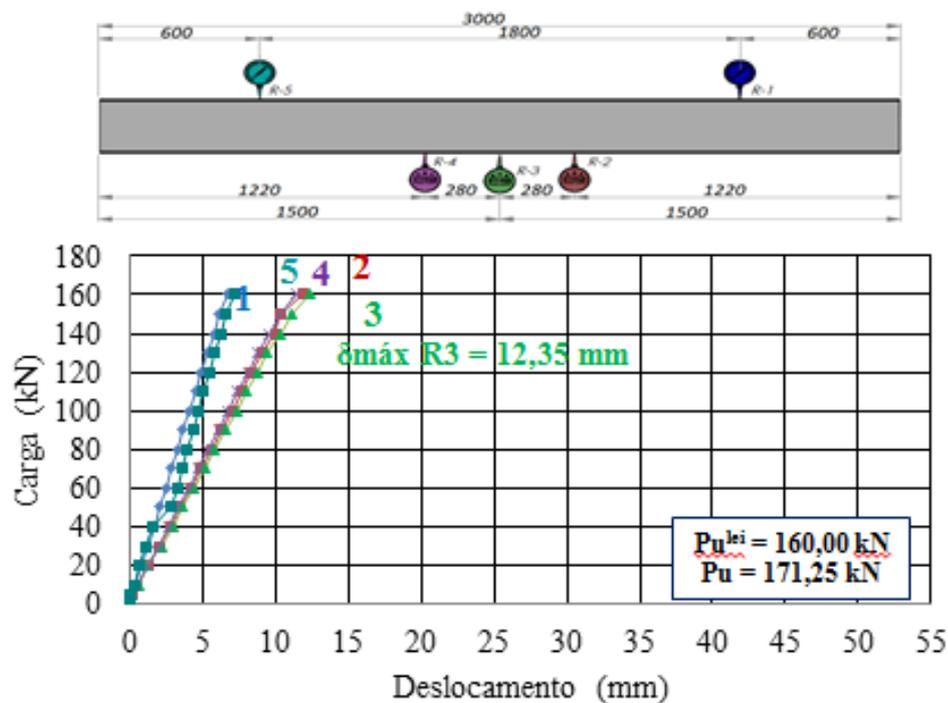


Figura 5. Deslocamentos verticais VREF.

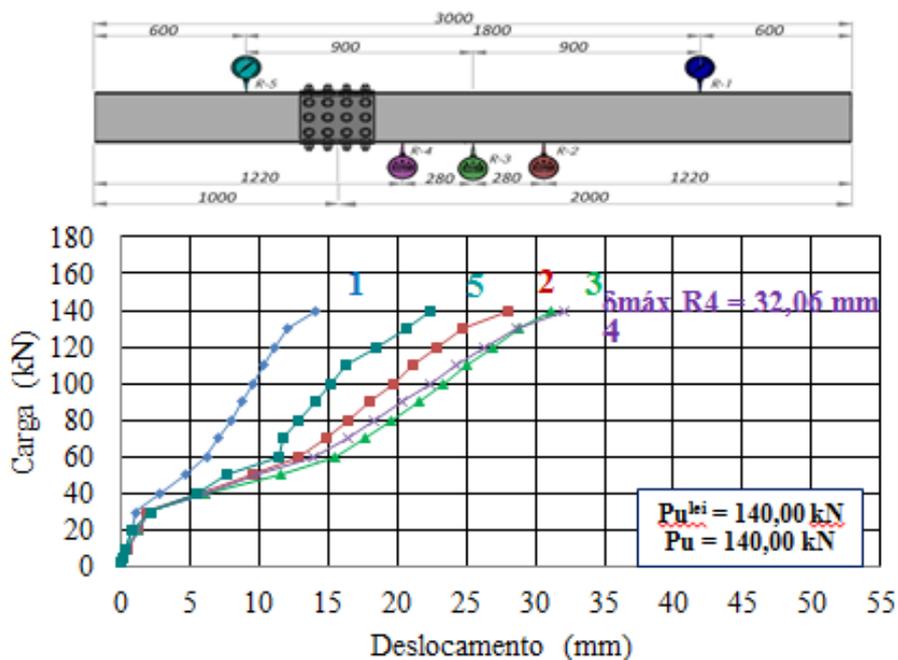


Figura 6. Deslocamentos verticais V1L.

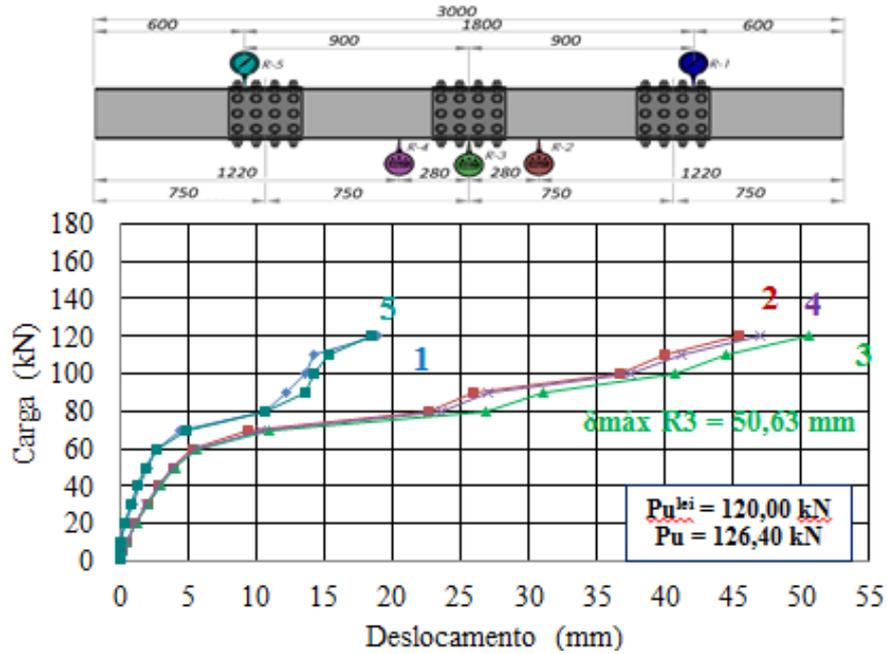


Figura 7. Deslocamentos verticais V3L.

Os defletoímetro R1 e R5 posicionados simetricamente na mesa comprimida e os defletoímetro R2 e R4 também posicionados simetricamente na mesa tracionada, apresentaram em todos os casos comportamento simétrico ou bem próximo da simetria, principalmente nas vigas com emendas no meio do vão, evidenciando a eficiência no posicionamento das vigas.

A viga de referência VREF obteve um menor deslocamento em relação às outras vigas, pois não contém emenda, e seu máximo deslocamento foi apresentado pelo defletoímetro R3.

A viga V1L apresentou um máximo deslocamento no defletoímetro R4 com um valor de 32,06 mm, isto pelo fato da emenda ser próxima do defletoímetro R4. Já a viga com três emendas V3L apresentou um máximo deslocamento no defletoímetro R3 em relação às outras vigas, no meio do vão.

A Tabela 1 apresenta os resultados dos deslocamentos máximos no meio do vão obtidos pela leitura do defletoímetro R3 e dos gráficos (carga x deslocamento) das vigas VREF e V3L.

Tabela 1: Deslocamento máximo do deflectômetro R3

VIGA	Deslocamento máximo no meio do vão (mm)
VREF	12,35
V3L	50,63

Analisando o deslocamento vertical das vigas no deflectômetro R3, observou-se que a viga V3L apresenta o maior deslocamento, de aproximadamente 4 vezes maior com relação à viga de referência. Porém a carga de ruptura P_u da viga de referência VREF (171,25 kN) foi bem superior a da viga com três emendas V3L (126,40 kN), demonstrando maior rigidez em vigas sem emendas.

Cargas e Modo de Ruptura

As vigas com ligações parafusadas apresentaram um bom comportamento em suas emendas, pois não mostraram nenhum modo de ruptura em parafusos de forma que comprometesse as ligações.

O modo de falha previsto para todas as vigas ensaiadas consistiu em flambagem lateral com torção (FLT), mas todas as vigas também apresentaram flambagem local da mesa comprimida (FLM), análises realizadas de acordo com a NBR 8800 (2008).

A flambagem local da mesa é um modo de falha onde a viga perde sua posição original e não mais pode ser carregado, caracterizando a sua ruína como consequência. No caso de estado limite último de FLT, o deslocamento lateral e o giro excessivos são tomados como limites para o fim do carregamento, chegando ao valor da carga de ruptura (P_u). Os modos de rupturas e carga de ruptura de todas as vigas ensaiadas são mostrados nas Figuras 8 a 10.

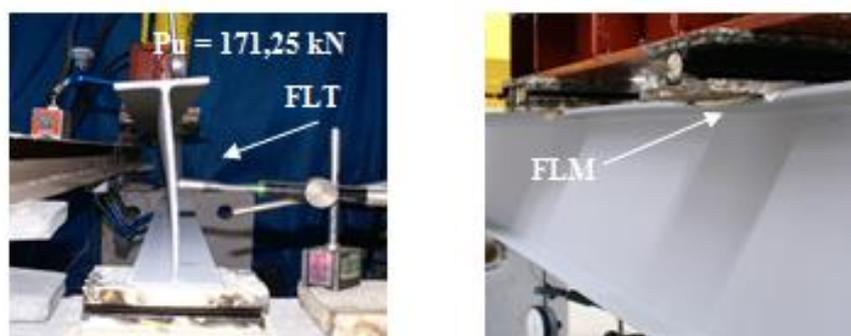


Figura 8. Modos de ruptura e carga de ruptura da viga VREF.

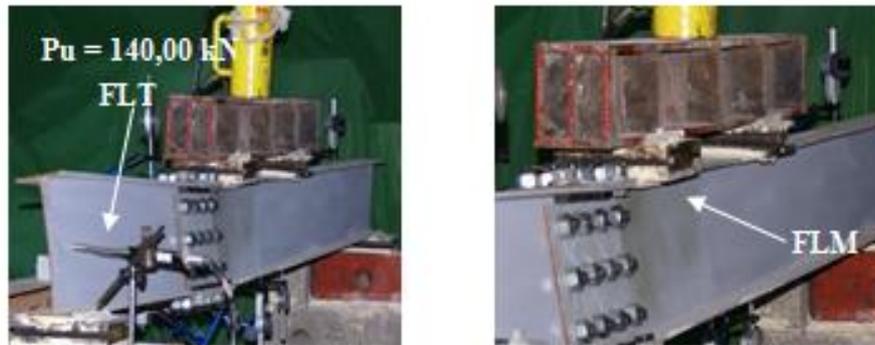


Figura 9. Modos de ruptura e carga de ruptura da viga V1LE.

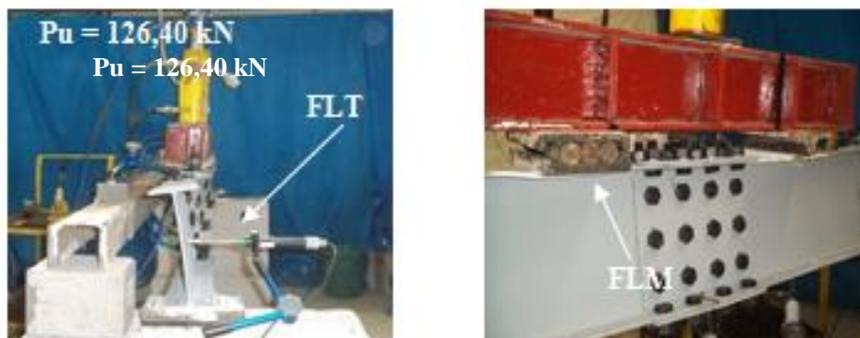


Figura 10. Modos de ruptura e carga de ruptura da viga V3L.

CONCLUSÃO

Todas as ligações das vigas resistiram ao ensaio à flexão, não sendo constatada nenhuma ruptura nos parafusos e nem na chapa de ligação, apresentando carga de ruptura entre 73% para a viga V3L e 82% para a viga V1L com relação à viga de referência VREF.

As ligações na viga V3L apresentaram um maior deslocamento das chapas de ligação devido acomodação das mesmas com a aplicação de carga, provocando um maior deslocamento final em toda a viga.

A flambagem local da mesa comprimida em todas as vigas mostrou um empenamento da chapa da mesa principalmente onde às reações eram aplicadas, e sempre empenaram no sentido de giro que a viga obteve por flambagem lateral com torção.

Em relação aos deslocamentos verticais, a viga com três emendas V3L contém uma das emendas no centro da viga, e apresentou um deslocamento maior que as outras vigas da série para um mesmo carregamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002). **Materiais metálicos – Ensaio de tração à temperatura ambiente – Procedimento**. NBR 6152 (ABNT 2002). Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008). **Projeto de estruturas de aço e de estruturas mistas de aço e concreto de edifícios – Procedimento**. NBR 8800 (ABNT 2008). Rio de Janeiro.

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2011). **Aço carbono e microligados para uso estrutural e geral – Procedimento**. NBR 7007 (ABNT 2011). Rio de Janeiro.

GOMES, C. A. B. (2006) **Resistência à compressão de perfis H laminados de abas paralelas**. Dissertação (Mestrado), UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais.

PFEIL, W. e PFEIL, M. (2009). **Estruturas de aço: dimensionamento prático**. 8.ed. Rio de Janeiro.

Research Council on Structural Connections (2009). **Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts**. RCSC 2009. Chicago.

SILVA, A. C. (2006). **Estudo de Ligações Parafusadas em Perfis Formados a Frio**. Dissertação (Mestrado), UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais.

VALENCIANI, V. C. (1997). **Ligações em Estruturas de Aço**. Dissertação (Mestrado), USP, São Carlos, São Paulo.

Recebido em 23 de fevereiro de 2015.

Aprovado em 13 de março de 2015.