

UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE ENGENHARIA E ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
Área de concentração: Infraestrutura e Meio Ambiente
MESTRADO

Sandro Clodoaldo Machado

AVALIAÇÃO DE EMENDAS SOLDADAS EM PERFIS
LAMINADOS SUJEITOS À FLEXÃO ESTÁTICA

Passo Fundo
2013

SANDRO CLODOALDO MACHADO

AVALIAÇÃO DE EMENDAS SOLDADAS EM PERFIS LAMINADOS SUJEITOS À FLEXÃO ESTÁTICA

Orientador: Prof. Dr. Zacarias Martin Chamberlain Pravia
Coorientador: Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa

Projeto apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação do Prof. Dr. Zacarias Martin Chamberlain Pravia e a coorientação do Prof. Dr. Francisco Dalla Rosa.

Passo Fundo
2013

SANDRO CLODOALDO MACHADO

AVALIAÇÃO DE EMENDAS SOLDADAS EM PERFIS LAMINADOS SUJEITOS À FLEXÃO ESTÁTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental para obtenção do grau de Mestre em Engenharia na Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo na Área de concentração Infraestrutura e Meio Ambiente.

Passo Fundo, 12 de junho de 2013.

Doutor Zacarias Martin Chamberlain Pravia
Orientador

Doutor Francisco Dalla Rossa
Co-orientador

Doutor Gustavo Mezzomo
Universidade de Passo Fundo

Doutor Moacir Kripka
Universidade de Passo Fundo – UPF

Doutor Ignacio Iturrioz
Universidade Federal de Rio Grande do Sul - UFRGS

Passo Fundo
2013

RESUMO

Os perfis laminados são produzidos em bitolas de 150 a 610mm, em comprimentos de 9.000 e 12.000mm. Na maioria das vezes esses comprimentos precisam ser ajustados de acordo com aqueles propostos nos projetos específicos, fazendo com que seja necessário seu corte, o que, na maioria das vezes, implica desperdícios significativos. Uma alternativa para aproveitar esses recortes é emendá-los com o uso de solda. No presente trabalho foram avaliados experimentalmente perfis com emendas soldadas sujeitos a ações estáticas de flexão simples, com o intuito de verificar o desempenho se comparados aos perfis sem emendas.

Palavras-chave: Emendas soldadas. Estruturas de aço. Perfis laminados.

ABSTRACT

Rolled shapes are produced in gauges from 150 to 610mm in Brazil, in two different lengths, 9.000 and 12.000mm. In most cases these lengths must be adjusted in accordance with those proposed in specific projects, making it necessary to cut them, producing important losses. An alternative is to use the part not used joining them with welded splices. In the present work were evaluated experimentally the behavior of rolled shapes with butt welds splices subjected to simple static bending, with the goal to verify the performance compared to the sections without welded splices.

Keywords: Rolled shapes, Steel structures. Welded splices.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Sistema para soldagem a arco com eletrodo de carvão de acordo com a patente de Bernados	15
Figura 02 - Evolução do processo de soldagem	16
Figura 03 - Solda por pressão (ou por deformação)	17
Figura 04 - Processos de soldagem por fusão	18
Figura 05 - Equipamento de solda com arame tubular	19
Figura 06 - Solda com arame tubular (Fonte: adaptada da ESAB)	20
Figura 07 - Líquido penetrante	22
Figura 08 - Modelo de partícula magnética fonte (Catálogo SONOTRON)	22
Figura 09 - Funcionamento de ultra som fonte (Catálogo SONOTRON)	24
Figura 10 - Aparelho de ultrassom fonte (Catálogo SONOTRON)	24
Figura 11 - Amostra para ensaio de tração	25
Figura 12 - Máquina de ensaios universais Schenck	26
Figura 13 - Máquina para ensaio de tenacidade Heckrt	27
Figura 14 - Ensaio Charpy (Garcia, 1999)	28
Figura 15 - Foto ilustrativa (Garcia, 1999)	29
Figura 16 - Ilustração (Garcia, 1999)	29
Figura 17 - Ilustração (Garcia, 1999)	30
Figura 18 – Zonas de solda	330
Figura 19 - Perfis cortados	34
Figura 20 - Corte dos perfis	340
Figura 21 - Preparação dos chanfros	341
Figura 22 – Peça chanfrada	35
Figura 23 - Pronta para união por solda	36
Figura 24 - Máquina de solda FCAW usada na produção das emendas	37
Figura 25 - Vigas sendo emendadas recentemente	37
Figura 26 - Ensaio de partícula magnética	39
Figura 27 - Ensaio de ultrassom	40
Figura 28- Perfins emendados	40
Figura 29 – Aplicação do fundo Primer	40
Figura 30 – Fundo aplicado	41
Figura 31 - Pórtico autoportante	41

Figura 32 – Modelo de carga aplicada	40
Figura 33 – Peça fabricada para alinhamento dos relógios	440
Figura 34 – Medição analógica	440
Figura 35 – Medição com régua digital	40
Figura 36 – Deslocamento com vigas de uma emenda	40
Figura 37 – Deslocamento com vigas de duas emendas	40
Figura 38 – Corpo de prova.....	40
Figura 39 - Onde foram retiradas as amostras.....	48
Figura 40 - Ilustrativa das amostras retiradas.....	48
Figura 41 - Amostras para ensaios	49
Figura 42 – Ensaio de tração	40
Figura 43 – Corpos de prova ensaiados	50
Figura 44 – Ensaio Charpy.....	52
Figura 45 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas.....	53
Figura 46 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com uma emenda L/2	54
Figura 47 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com uma emenda L/3	55
Figura 48 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com uma emenda L/4	55
Figura 49 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com uma emenda L/8	56
Figura 50 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com duas emendas L/3	56
Figura 51 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com duas emendas L/4	57
Figura 52 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com duas emendas L/8	58
Figura 53 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com uma emenda.....	58
Figura 54 – Carga versus deslocamento vigas sem emendas e com duas emendas.....	59
Figura 55 – Carga versus deslocamento com todas as vigas.....	59

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 Problema da pesquisa.....	11
1.2 Justificativa.....	11
1.3 Objetivos	11
1.3.1 Objetivo geral	12
1.3.2 Objetivos específicos	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 O aço	13
2.2 O Processo de soldagem.....	13
2.3 Ligação por solda em aços estruturais (filete e penetração total)	20
2.4 Ensaios para controle de qualidade da solda.....	21
2.5.1 Líquido penetrante	21
2.5.2 Partícula magnética.....	22
2.5.3 Ultrassom	23
2.6 Propriedades mecânicas do aço.....	25
2.6.1 Ensaios de tração (ASTM A6 e NBR).....	25
2.6.2 Ensaios de tenacidade (Charpy).....	26
2.7 Estudos relacionados ao presente trabalho.....	30
3 METODOLOGIA PROPOSTA	33
3.1 Escolha das vigas e a localização das emendas.....	33
3.2 Controle de qualidade da produção da solda.....	34
3.2.1 Mão de obra	34
3.2.2 Ensaios de partícula magnética.....	38
3.2.3 Ensaios de ultrassom.....	39
3.3 Ensaios de flexão estática por três pontos.....	41
3.3.1 Controle de carregamento e deslocamento	45
3.3.2 Plastificação da viga como seção compacta	46
4 RESULTADOS	46
4.1 Caracterização do material.....	46
4.1.1 Ensaios de tração	47
4.1.2 Ensaios de tenacidade	51
4.2 Controle de qualidade da solda	52
4.2.1 Ensaios de partícula magnética.....	52

4.2.2 Ensaio de ultrassom.....	53
4.3 Resultados dos ensaios à flexão	53
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS	61
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	62
REFERÊNCIAS	63
ANEXO A – Certificação de conformidade da material	65
ANEXO B – Registro de inspeção dimensional.....	66
ANEXO C – Registro de inspeção dimensional.....	67
ANEXO D – Relatório de ensaio por ultrassom.....	68
ANEXO E – Relatório de ensaio por ultrassom	69
ANEXO G – Relatório de ensaio por partícula magnética.....	71
ANEXO H – Certificação de qualificação do soldador	72
ANEXO I – Procedimentos de soldagem	73
ANEXO J – Especificações da soldagem	74
ANEXO L – Qualificação e procedimentos da soldagem.....	75
ANEXO M – Qualificação e procedimentos da soldagem.....	76
ANEXO N – Qualificação e procedimentos da soldagem	77

1 INTRODUÇÃO

As primeiras obras em aço de que se tem relato datam de 1750, quando se descobriu a maneira de produzi-lo industrialmente. Já seu emprego em estruturas foi feito na França em 1780, porém, sua grande utilização deu-se por volta de 1880 nos Estados Unidos da América principalmente em Chicago em edifícios. No Brasil, em 1812, iniciou a fabricação de ferro, mas para consolidação do mercado nacional entraram em funcionamento na década de 60 a Companhia Siderúrgica Nacional, Usiminas e a Cosipa na produção de chapas, a partir daí uma grande expansão do setor siderúrgico (SILVA, 2007).

A partir do século XX, meados da década de 1950, as siderúrgicas foram aumentando os investimentos em tecnologia de forma a reduzir o impacto da produção no meio ambiente, reforçar a segurança dos funcionários e da comunidade, assim como produzir cada vez mais aço com menos insumos e matérias-primas.

O aço é hoje o produto mais reciclado do mundo. Carros, geladeiras, fogões, latas, barras e arames tornam-se sucatas, que alimentam os fornos das usinas, produzindo novamente aço com a mesma qualidade.

Com a reciclagem do aço economiza-se 75% da energia usada para fabricá-lo a partir de minério de ferro. A realização de pesquisas e intensos estudos da composição bem como do comportamento desses materiais vem viabilizando seu uso em estruturas, materiais mais leves formas mais diversificadas e assim se tornando uma ótima opção na construção civil. Suas principais virtudes são os espaços vãos livres, sua rigidez, execução de obras com tempo reduzido, limpeza do canteiro de obra, reutilização de peças, redução de perda de material, disponibilidade de matéria prima e algumas outras.

A indústria de estruturas de aço no Rio Grande do Sul vem se consolidando como referência de empresas desse setor e já se envolveu na construção de muitas fábricas de veículos, hangares de navios, estaleiros para construção de navios a até em plataforma para retirada de petróleo em alto mar.

Para que essas indústrias se mantenham competitivas e que venham a atender todos os órgãos de fiscalização é necessário um planejamento para evitar ao máximo o desperdício de matéria-prima e recursos humanos, tudo isso aliado à garantia da qualidade da obra. Os perfis laminados produzidos no Brasil são *Wide Flange*, ou de aba larga, produzidos apenas pela

Gerdau (GERDAU, 2011) e estão disponíveis com poucas alternativas se comparado a outros países. Tais perfis são produzidos com base nos aspectos de fabricação e transporte, em comprimentos de 6.000 mm e 12.000 mm. Como os projetos arquitetônicos ou industriais demandam comprimentos não ajustados aos comprimentos produzidos pela indústria, para usar peças de comprimentos maiores, ou ainda, unir peças excedentes do corte de perfis, é necessário utilizar alguns tipos de emendas. Uma maneira de realizar essa emenda é através de solda.

Segundo Quites e Dutra (1979), a soldagem pode ser encarada sob dois aspectos, quais sejam: preparação e fabricação. Tem-se que por muito tempo a solda foi considerada somente como um processo de reparação, no entanto, sua aceitação na fabricação, que requer qualidade estrutural, somente ocorreu no segundo quarto do século passado. Quites e Dutra (1979) definem solda como “a operação que visa a união entre duas peças assegurando na junta a continuidade das propriedades físicas e químicas”. Desse modo, a operação de soldagem é obtida pela interposição de material depositado a uma junta pela aplicação de energia de modo a produzir a fusão de material de adição e de material de base.

Blodgett (1996) ressalta que a utilização da solda na construção de edifícios e pontes tem crescido consideravelmente nos últimos anos e tende a continuar crescendo à medida que mais pessoas tiverem conhecimento sobre o assunto. O reconhecimento da solda como um processo eficiente e seguro para realizar ligações em estruturas metálicas somente aconteceu após anos de intensos esforços e pesquisas realizadas por engenheiros e construtores

Os vários processos de soldagem são contemplados por importantes códigos construtivos como o *American Institute of Steel Construction (AISC)* e a *American Welding Society (AWS)*. Importante destacar, as normas brasileiras de estruturas de aço, ABNT NBR 8800 e ABNT NBR 14762, se baseiam totalmente na norma Americana AWS (2010).

Segundo Malite (1994), até a década de 1950, os rebites eram utilizados com frequência, mas estes, apesar do bom comportamento estrutural, devido ao seu alto custo de execução se comparado à solda e aos parafusos, se encontram em desuso atualmente. Pode se considerar como possíveis emendas junção por parafusos, que além de demandar maquinários e mão de obra, aumentam o tempo de fabricação e conseqüentemente seu custo. Outra maneira de realizar essas emendas é por meio da solda, que é o foco deste trabalho já que será analisado como melhor reutilizar estas vigas com emendas soldadas. Na literatura científica não se define limite para o uso desse tipo de união, no entanto, existem restrições de algumas especificações de empresas que determinam que tais emendas não sejam usadas em certas localizações.

1.1 Problema da pesquisa

Ao usar perfis laminados, certas dimensões exigem cortes que resultam em segmentos que poderiam ser reutilizados na construção de outros elementos, a emenda poderia ser feita por solda, embora algumas recomendações não permitam tal processo, quer se validar se é viável do ponto de vista técnico e econômico. A questão a ser avaliada é se as vigas com emendas soldadas em perfis laminados têm as mesmas resistências que aquelas não emendadas, desde o ponto de vista da resistência e estabilidade de acordo com as prescrições normativas.

1.2 Justificativa

Qualquer economia no consumo de energia, além do reuso de material, é objetivo atual nos empreendimentos de obras de infraestrutura ao longo de seu ciclo de vida. Ao avaliar as emendas em vigas soldadas, se está atingido essas duas metas para a infraestrutura e o meio ambiente.

O estudo sobre emendas de vigas através de solda se justifica pela grande utilização do aço, também por sua limitação em comprimentos e principalmente devido à versatilidade e ao tempo empregado em uniões por solda. Além disso, também – e principalmente – pela economia em consumo de energia e redução de custos e desperdício na produção de estruturas de aço.

Considerações sobre o processo de soldagem em perfis, sua influência na alteração das propriedades do aço e conseqüentemente as alterações que a soldagem pode causar no comportamento estrutural dos perfis laminados tipo W são discutidas e apresentadas neste estudo.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho consiste em avaliar a capacidade resistiva de perfis laminados e correlacionar resistência mecânica e qualidade da soldagem em perfis unidos por solda e sujeitas à flexão estática.

1.3.2 Objetivos específicos

- Verificar a capacidade resistente de elementos emendados com solda de penetração total sujeitos à flexão estática.
- Avaliar a qualidade da solda com ensaios de partículas magnéticas e ultrassom.
- Definir os processos para obtenção de máxima qualidade e segurança dos perfis emendados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O aço

O Aço é uma liga metálica formada essencialmente por ferro e carbono, com percentagens deste último variando entre 0,008 e 2,11%. Distingue-se do ferro fundido, que também é uma liga de ferro e carbono, mas com teor de carbono entre 2,11% e 6,67%.

A diferença fundamental entre ambos é que o aço, pela sua ductilidade, é facilmente deformável por forja, laminação e extrusão, enquanto que uma peça em ferro fundido é muito frágil.

A classificação mais comum se dá com base na composição química. Dentre os sistemas de classificação química o SAE é o mais utilizado e adota a notação **ABXX**, em que AB se refere a elementos de liga adicionados intencionalmente e XX ao percentual em peso de carbono multiplicado por cem.

Além dos componentes principais indicados, o aço incorpora outros elementos químicos, alguns prejudiciais, provenientes da sucata, do mineral ou do combustível utilizado no processo de fabricação, como o enxofre e o fósforo. Outros são adicionados intencionalmente para melhorar algumas características do aço para aumentar a sua resistência, ductilidade, dureza ou outras propriedades, ou para facilitar algum processo de fabricação, como usinabilidade, como é o caso de elementos de liga como o níquel, o cromo, o molibdênio e outros.

O que é processo de solda e qual o mais adequado? Como se executam as emendas? O que se conhece sobre perfis com emendas soldadas? Como se controla a qualidade delas? Essas perguntas e outras correlatas passarão a ser expostas nos seguintes itens.

2.2 O processo de soldagem

O método de união de peças e componentes poderia ser dividido em praticamente duas opções sendo aquelas que podemos definir como força mecânica, tais como parafusos, sendo esta baseada na resistência de cisalhamento do parafuso, também considerada a força de atrito entre as superfícies de contato. A outra espécie de união seria por fusão de matérias, soldagem, colagem e a brasagem.

A abrangência do termo soldagem é bastante grande na fabricação recuperação de peças e estruturas citado sempre como um método de união, porém, em alguns métodos há uma deposição de material sobre as peças visando à recuperação de partes desgastadas ou como um revestimento com características mais específicas.

A soldagem é um dos processos mais importantes do ponto de vista industrial, sendo extensivamente utilizada na fabricação de peças, equipamentos e estruturas. Sua aplicação pode ser usada desde em componentes eletrônicos até em navios, plataformas, pontes, entre outros. Existe um grande número de processos de soldagem, sendo necessário, naturalmente, serem analisados quais os mais adequados.

O processo de soldagem tem varias definições, tais como:

- operação que visa obter a união de duas ou mais peças, assegurando, na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas;
- processo de junção de metais por fusão;
- operação que visa obter a coalescência localizada produzida pelo aquecimento até uma temperatura adequada, com ou sem a aplicação de pressão e de metal de adição (Definição adotada pela AWS);
- processo de união de materiais baseado no estabelecimento, na região de contato entre os materiais sendo unidos, de forças de ligação química de natureza similar às atuantes no interior dos próprios materiais.

2.2.1 Um breve histórico sobre a soldagem

A soldagem pode ser considerada um processo recente com cerca de cem anos, mas a brasagem e soldagem por forjamento tem sido usada desde épocas remotas, existindo relatos sobre esse processo datados de 4.000 anos AC.

As fabricações de artefatos em ferro, que foi substituindo o bronze e o cobre, ocorrem há mais de 3.500 anos, datando, portanto, seu início, do ano de 1500 AC, quando a conformação era feita por martelamento. Quando as peças eram de um tamanho maior, soldavam-nas por forjamento, sendo o material aquecido até seu rubro. Entre as peças era adicionada areia para escorificar as empresas e estas eram marteladas até sua soldagem.

A soldagem foi largamente utilizada na idade média, para a fabricação de armas e outros instrumentos cortantes. O ferro para fabricação de armas tais como espadas e assemelhados deveriam ser temperado para se tornar mais útil, o que era bastante oneroso.

Assim, o processo de solda foi, nesse período, muito importante para o desenvolvimento tecnológico da indústria metalúrgica, principalmente pela escassez e pelo alto custo do aço.

Já no século XII e XIII, por sua vez, sua importância começou a declinar, com o desenvolvimento de tecnologias que facilitaram a obtenção de ferro fundido no estado líquido, através de energia gerada com roda de água.

Logo em seguida, nos séculos XIV e XV, com o desenvolvimento do alto forno, a fundição tornou-se um processo importante para a fabricação e a soldagem por forjamento foi substituída por outros métodos de união, tais como parafusos e rebites, mais adequados à união de peças produzidas tornando assim a soldagem um processo secundário de fabricação.

No século XIX, ou a partir dele, com as experiências Sir Humphrey Davy (1801-1806), a soldagem sofre uma evolução tecnológica radical. O arco elétrico, a descoberta do acetileno por Edmund Davy e o desenvolvimento de fontes produtoras de energia elétrica dão início ao processo de solda por fusão. Nessa época também teve início a fabricação de chapas, processo para o qual se faz necessária a união dessas chapas para fabricação de equipamentos e estruturas.

A primeira patente de um processo de soldagem, obtida na Inglaterra por Nikolas Bernados e Stanislav Olszewsky em 1885, foi baseada em um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo de carvão e a peça a ser soldada (Figura 01).

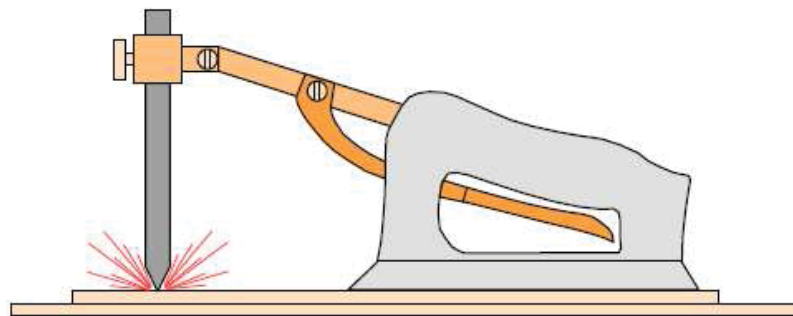


Figura 01 - Sistema para soldagem a arco com eletrodo de carvão de acordo com a patente de Bernados

(Fonte: adaptada do catalogo ESAB)

Nessa fase, a solda teve ainda pouca utilização, sendo seu uso restrito a reparos de emergência na Primeira Grande Guerra, que teve sua função mais focada e intensamente voltada para a fabricação.

Hoje existem mais de cinquenta diferentes métodos de soldar e sua utilização na indústria é um dos mais importantes para união permanente de metais. Com o surgimento de novos tipos de aços e ligas metálicas, sua importância é ainda mais evidenciada.

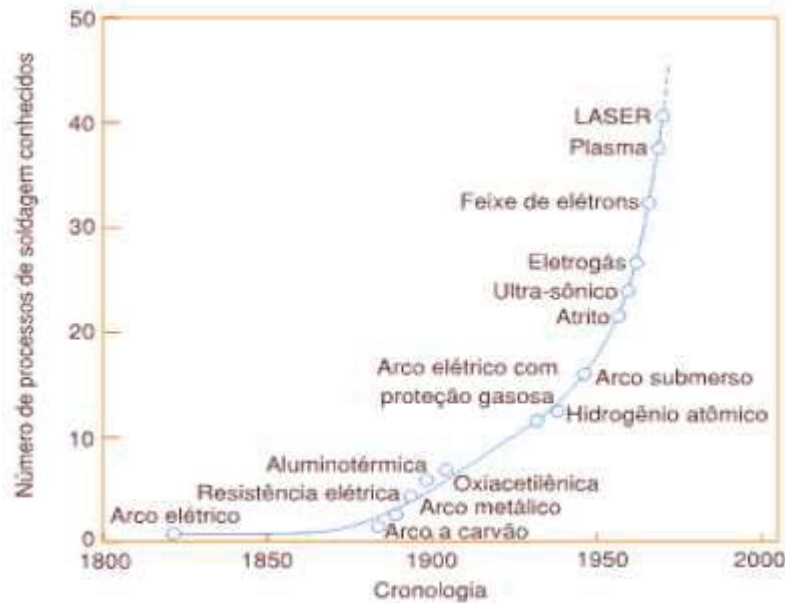


Figura 02 - Evolução do processo de soldagem (Fonte: adaptada do catalogo ESAB)

Na Tabela 1 é apresentado um breve histórico dos processos de soldagem, bem como sua evolução, seus autores e a época ocorrida.

Tabela 01 - Histórico sobre soldagem

ANO	AUTOR	FATO
1801	Sir Humphev	Fenômeno do arco elétrico
1836	Edmund Davy	Descobre o Acetileno
1885	N Bernardos e S.Olsewski	Depositam patente do processo de soldagem por arco elétrico
1889	N.G.Slavionoff e C.Coffin	Substitui o eletrodo por grafite por arame metálico
1901	Fouché e Picard	Desenvolve o primeiro maçarico industrial para soldagem oxiacetilênica
1903	Goldschmidt	Descobre a solda aluminotérmica
1907	O.Kiellbergs	Deposita a patente do primeiro eletrodo revestido
1919	C.J Halsag	Introduz a corrente alternada nos processos de soldagem
1926	H.M.Hobort e P.K Denver	Utiliza gás inerte como proteção do arco elétrico
1930		Primeira norma para eletrodo revestido nos EUA
1935		Desenvolvimento dos processos de solda TIG e arco submerso

1948	H.F Kennedy	Desenvolve o processo de soldagem MIG
1950	França e Alemanha	Desenvolve o processo de soldagem por feixe elétrico
1953		Surge o processo MAG
1957		Desenvolvimento do processo de soldagem com arame tubular e proteção gasosa
1958		Desenvolvimento do processo de soldagem por eletro-escoria na Rússia
1960		Desenvolvimento do processo de soldagem a laser, nos EUA
1970		Aplicados os primeiros robôs nos processos de soldagem

Fonte: (CIMM, 2008).

Com base na denominação para produzir a solda, é possível separar os processos de soldagem em praticamente duas formas: por processo de soldagem por pressão (ou deformação), conforme evidencia a Figura 3; ou por fusão, conforme evidencia a Figura 04.

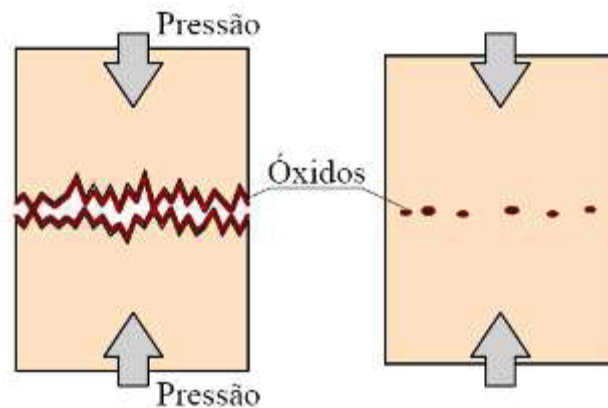


Figura 03 - Solda por pressão (ou por deformação) (Fonte: adaptada da ESAB)

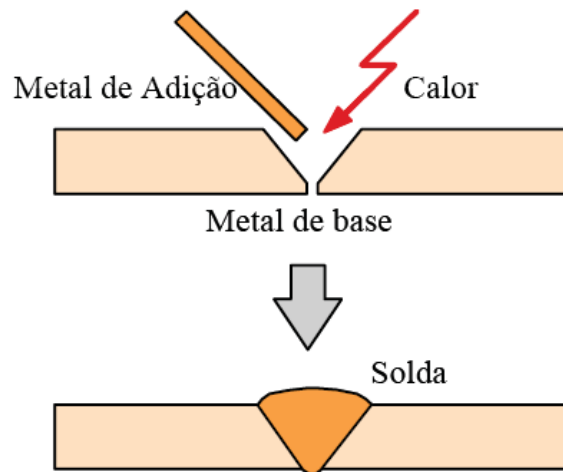


Figura 04 - Processos de soldagem por fusão
Bernados (Fonte: adaptada do catalogo ESAB)

Dentre os processos por pressão ou deformação, pode-se citar:

- 1 - soldagem por resistência;
- 2 - soldagem por centelhamento;
- 3 - soldagem por Alta-frequência;
- 4 - soldagem por Fricção;
- 5 - soldagem por Difusão;
- 6 - soldagem por Explosão;
- 7 - soldagem por Laminação;
- 8 - soldagem a Frio;
- 9 - soldagem por Ultrassom.

Dentre os processos de solda por fusão, são citados:

- 1 - soldagem com eletrodos revestidos;
- 2 - soldagem GTAW;
- 3 - soldagem GMAW;
- 4 - soldagem com arames tubulares;
- 5 - soldagem ao arco submerso;

- 6 - soldagem a plasma;
- 7 - soldagem de pinos;
- 8 - soldagem por eletro-escória;
- 9 - soldagem oxi-gás;
- 10 - soldagem com feixe de elétrons;
- 11 - soldagem a laser;
- 12 - processos híbridos de soldagem.

Nesse contexto de fusão está inserido o processo a ser utilizado neste trabalho, por meio de solda (**Flux Cored Arc Welding - FCAW**). A Figura 05 mostra desenho esquemático do equipamento.

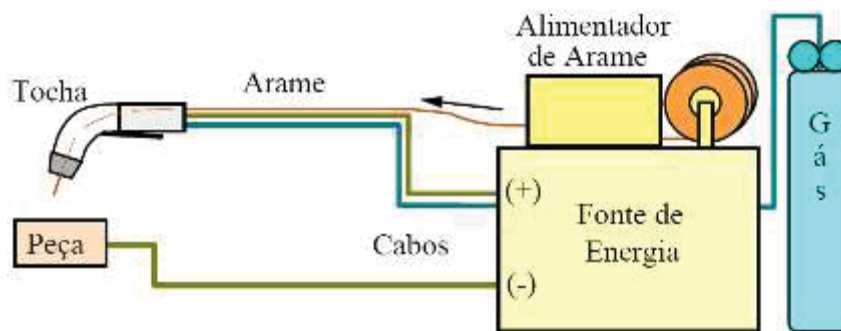


Figura 05 - Equipamento de solda com arame tubular Bernados (Fonte: adaptada do catalogo ESAB)

Segundo Quitês e Dutra (1979), soldagem é a operação que visa à união de duas ou mais peças, assegurando, na junta, a continuidade das propriedades químicas e físicas, tendo, a continuidade, o objetivo de deixar clara a ideia de que se houver variações nessas propriedades, essas variações serão contínuas ao longo da região de união. De acordo com Wainer et al. (1995), cada processo de soldagem possui suas vantagens e limitações, e um adequado balanço determinará suas aplicações típicas. Há processos de soldagem que possuem um uso específico para um determinado metal.

A soldagem com Arames Tubulares (*Flux Cored Arc Welding - FCAW*) é um processo que produz a coalescência de metais pelo aquecimento destes com um arco elétrico, estabelecido entre um eletrodo metálico tubular, contínuo e consumível e a peça de trabalho. A proteção do arco e do cordão de solda pode ser feita adicionalmente por uma atmosfera de

gás fornecida por uma fonte externa ou pela escória gerada pela fusão do fluxo contido no núcleo do arame.

Além da proteção, o fluxo pode ter outras funções semelhantes às dos revestimentos dos eletrodos, como por exemplo: desoxidar e refinar o metal de solda, adicionar elementos de liga e fornecer elementos que estabilizam o arco (Figura 06).

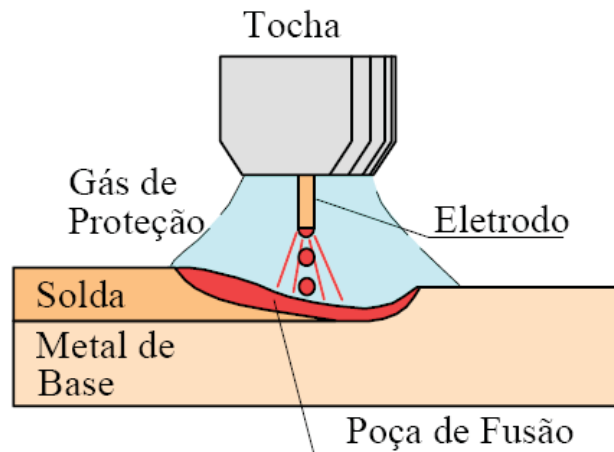


Figura 06 - Solda com arame tubular (Fonte: Adaptada da ESAB)

2.3 Ligação por solda em aços estruturais (filete e penetração total)

Os aços estruturais são cada vez mais utilizados na indústria em geral, em aplicações que necessitam de maior qualidade e produtividade, como na soldagem estrutural de aços carbono, baixas ligas e aços inoxidáveis, além de aplicações em revestimento protetor contra desgastes, entre outras.

Vantagens e limitações

- Pode gerar uma elevada quantidade de fumos.
- Necessita limpeza após a solda.
- A soldagem pode ser realizada de forma semiautomática ou automática.
- Alta qualidade de solda, com menor preparação e maior rapidez de trabalho.
- Garantia das propriedades mecânicas numa ampla faixa de parâmetros operacionais.
- Penetração elevada, altas taxas de deposição e grande velocidade de soldagem.

- Permite aprimoramento do projeto da junta soldada.
- Permite soldagem sobre superfícies mal preparadas: ferrugem e carepas de laminação.
- Processo bastante versátil podendo ser empregado em todas as posições e numa ampla faixa de espessuras.

2.4 Ensaios para controle de qualidade da solda

Os parâmetros e a máquina utilizada para esse processo de solda são de uso normal dentro das fábricas que atuam na área de construção metálica. Os parâmetros de soldagem, tais como velocidade do arame, tensão, corrente, preparação da junta, seguirão, para todas as amostras, os padrões atuais estabelecidos nas normas vigentes, que se encontram na especificação do processo de soldagem (EPS).

2.5.1 Líquido penetrante

Este método aponta discontinuidades na solda, principalmente na sua superfície. Esse processo teve início antes da Segunda Guerra Mundial, na verificação de eixos de locomotivas, e tomou impulso em 1942 nos Estados Unidos com o desenvolvimento do método de penetrantes fluorescentes. Desde então esse método (Figura 07) se desenvolveu sendo aplicado a metais não ferrosos principalmente. Tem objetivo de detectar discontinuidades na superfície, porosidades, trincas e dobras, esse processo é aplicado apenas em metais sólidos. Seu princípio baseia-se na aplicação de um líquido, numa superfície limpa, após isso se remove o excesso e aplica-se o revelador para detectar a falha na solda.

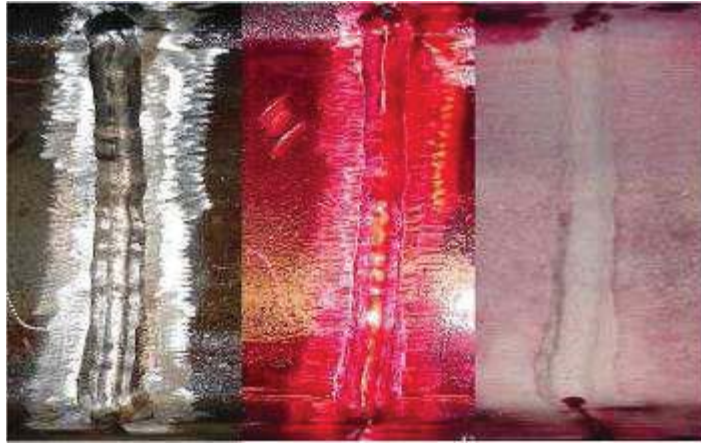


Figura 07 - Líquido penetrante

2.5.2 Partícula magnética

Método de ensaio não destrutivo, o ensaio por partículas magnéticas é utilizado na localização de descontinuidades superficiais e sub-superficiais em materiais ferromagnéticos.

Pode ser aplicado tanto em peças acabadas quanto semiacabadas e durante as etapas de fabricação.

O processo consiste em submeter a peça, ou parte desta, a um campo magnético.

Na região magnetizada da peça, as descontinuidades existentes, ou seja, a falta de continuidade das propriedades magnéticas do material, irão causar um campo de fuga do fluxo magnético. Com a aplicação das partículas ferromagnéticas, ocorrerá a aglomeração destas nos campos de fuga, uma vez que serão por eles atraídas devido ao surgimento de polos magnéticos. A aglomeração indicará o contorno do campo de fuga, fornecendo a visualização do formato e da extensão da descontinuidade (Figura 08).

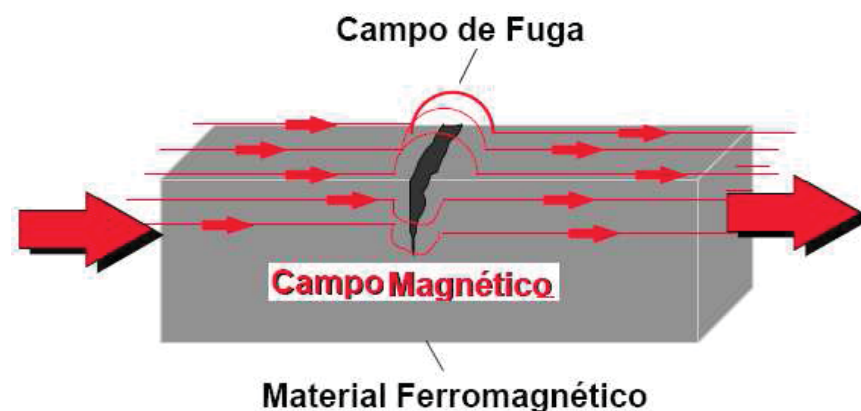


Figura 08 - Modelo de Partícula Magnética fonte (Catalogo SONOTRON)

Vantagens:

- É capaz de detectar descontinuidades superficiais e sub superficiais.
- Sua realização é simples e rápida.
- As dimensões das peças assim como sua forma não influenciam nos resultados.

Desvantagens:

- É aplicável apenas em matérias ferromagnéticas, ou seja, principalmente os aços.
- A forma e a orientação das descontinuidades em relação ao campo magnético interferem fortemente no resultado do ensaio, sendo necessária, em muitos casos, a realização de mais de um ensaio na mesma peça.
- Muitas vezes é necessária a desmagnetização da peça após a inspeção.
- Em geral são necessárias correntes elétricas elevadas, que podem causar o aquecimento indesejado das partes examinadas.

2.5.3 Ultrassom

É caracterizado pelo método não destrutivo na detecção de defeitos ou descontinuidades internas presente nos materiais ferrosos ou não ferrosos. Esses defeitos são provenientes da fabricação dos componentes examinados e podem ser bolhas de gás, microtrincas, escoria, entre outros. Através desse ensaio visa diminuir as incertezas na

utilização de peças ou componentes com alto grau de responsabilidade. O ensaio de ultrassom teve seu início em 1945 pela necessidade e baseado nas responsabilidades cada vez maiores em peças e componentes. Hoje é utilizado principalmente na área de caldeiraria e estruturas marítimas, sendo uma ferramenta de grande utilidade nessas áreas e também peças de grandes espessuras, geometria complexas de juntas soldadas. Os ensaios são aplicados em aços carbono e com a utilização deste ensaio é possível recorrer a uma larga variedade de soldas (Figura 09).

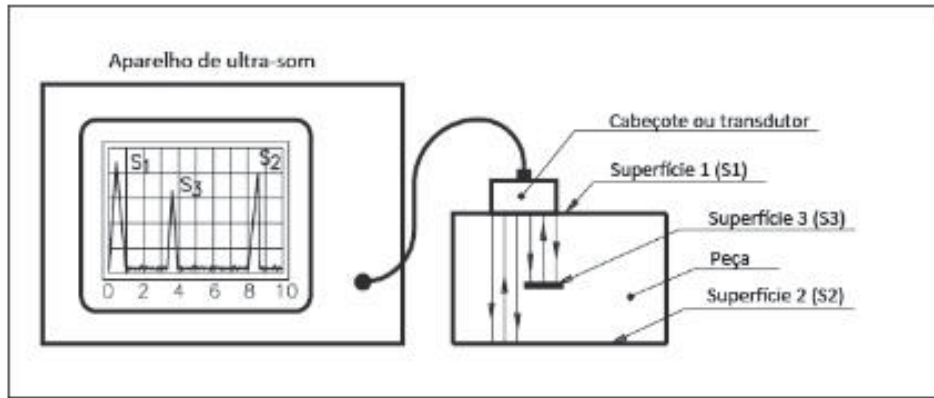


Figura 09 - Funcionamento de ultrassom

Fonte: Catálogo SONOTRON

O equipamento é portátil e seguro e o método pode detectar todos os defeitos mais comuns encontrados na solda com adequada sensibilidade. Soldas eletro-escória são difíceis para inspecionar por esse método, pois possuem grânulos extremamente grosseiros, mas em aços de baixa liga o processo pode detectar descontinuidades planas menores que 0,40mm, conforme mostrado na Figura 10.



Figura 10 - Aparelho de ultrassom

Fonte: Catálogo SONOTRON

Entre as vantagens, pode-se apontar a detecção de trincas pequenas que outros ensaios não detectariam, bem como o fato de que se dispensam processos intermediários para a interpretação dos resultados. Outro fator relevante é a avaliação do tamanho, interpretação e localização das descontinuidades das trincas, enquanto outros exames não definem tais fatores. Entre as desvantagens, destaca-se a necessidade de realização da inspeção por pessoa

com experiência e conhecimento teórico e o fato de que faixas de espessuras muito finas não têm facilidade para aplicação do método e requerem preparação da superfície a ser realizado o teste.

2.6 Propriedades mecânicas do aço

2.6.1 Ensaios de tração

Entre os diversos tipos de ensaio disponíveis para avaliação das propriedades mecânicas dos materiais, o mais amplamente utilizado é o de tração, por ser relativamente simples de se executar e por fornecer informações importantes e primordiais para projetos de fabricação de peças e componentes. Nesse tipo de ensaio, um corpo de prova é preparado conforme instruções da ABNT NBR 6152 (ver Figura 11). (ASTM A6 e ABNT NBR's)

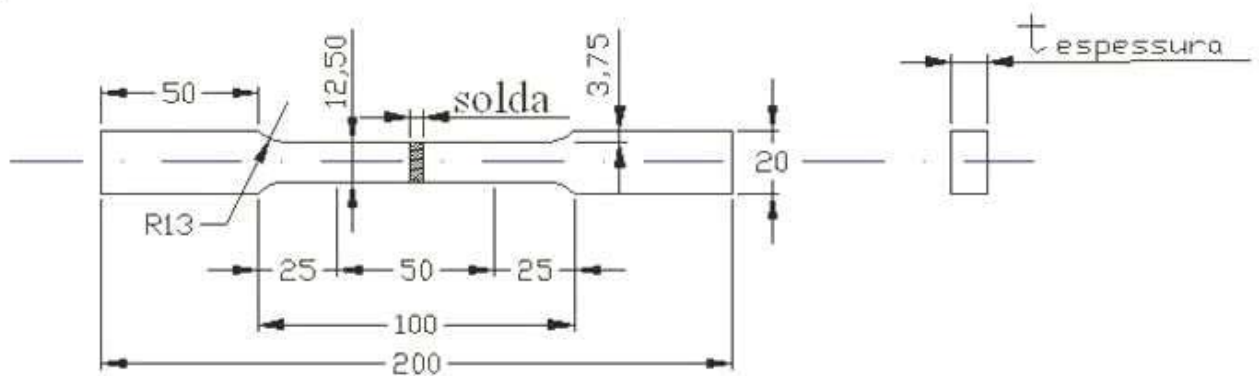


Figura 11 - Amostra para ensaio de tração (Fonte: Garcia 1999)

As pesquisas foram organizadas de forma que o ensaio de tração foi realizado no Laboratório de Materiais da Universidade de Passo Fundo. Durante esses ensaios, utilizamos a máquina de ensaios universal da marca Schenck (Figura 12), com capacidade nominal de 200 kN, e sistema de aquisição de dados para ensaios de tração.



Figura 12 - Máquina de ensaios universais Schenck

2.6.2 Ensaio de tenacidade (Charpy)

De acordo com Garcia (1999), o comportamento dúctil-frágil dos materiais pode ser bem mais caracterizado por ensaios de impacto. A carga nesse ensaio é aplicada na forma de esforços por choque (dinâmicos), sendo o impacto obtido por meio da queda de um martelo ou pêndulo de uma altura determinada. Sobre a peça e ser examinada, as massas utilizadas nesse ensaio é intercambiável, possui diferentes pesos e pode cair de alturas variáveis. Os ensaios mais conhecidos são denominados Charpy e Izod, dependendo da configuração geométrica do entalhe do modo de fixação do corpo de prova.

Durante a Segunda Guerra Mundial, o fenômeno de fratura frágil chamou a atenção de projetistas e engenheiros devido à alta incidência deste tipo de fratura em estruturas soldadas de aço como navios e tanques de guerra. Alguns navios simplesmente se partiam ao meio, estivessem em mar aberto ou turbulento ou ancorados. Tais navios eram, no entanto, construídos com aço-liga, que apresentava razoável ductilidade de acordo com o ensaio de tração realizada a temperatura ambiente. Notou-se também que a incidência desse tipo de fratura ocorria no inverno e que já havia um histórico de rupturas semelhantes em tubulações de petróleo e vasos de pressão e pontes em aço. Tudo isso motivou a ampliação de pesquisas

que buscassem as causas desse problema de rupturas e indicassem soluções ou providências para impedir tais fatos.

No mesmo laboratório foram realizados os ensaios Charpy com a máquina convencional capacidade de 300J da marca Heckrt (Figura 13) efetuando todos os testes e anotando todos os resultados obtidos.



Figura 13 - Máquina para ensaio de tenacidade Heckrt

O ensaio Charpy consiste em desferir um golpe com um peso através de uma altura e um pêndulo no material a ser testado (Figura 14).

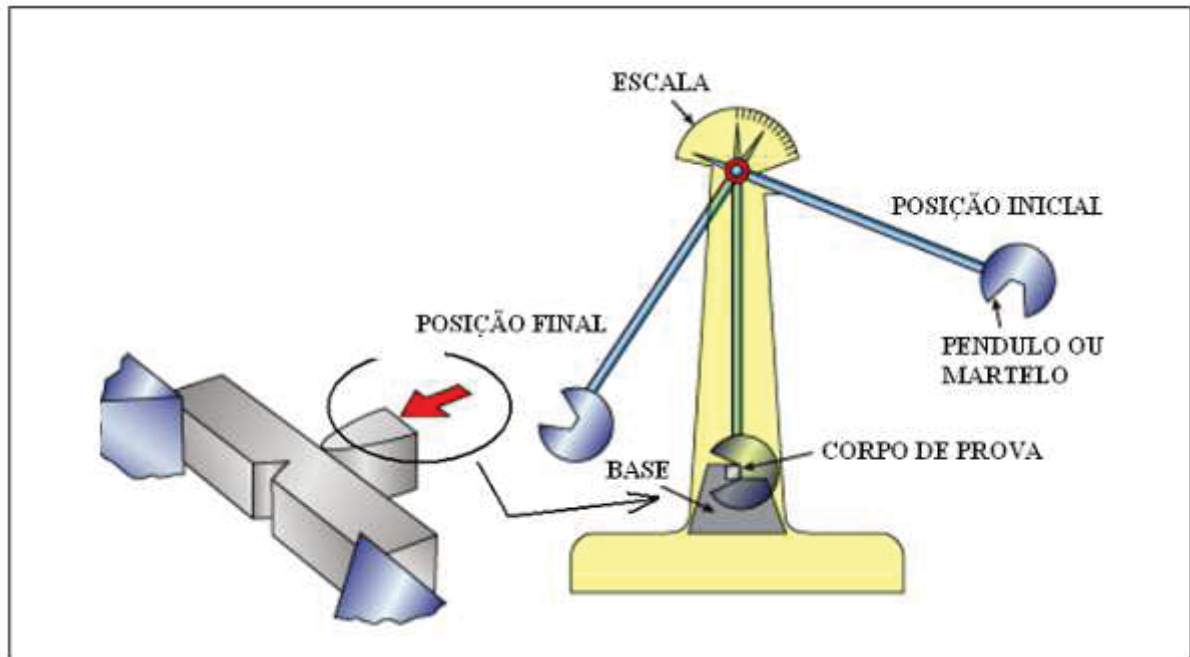


Figura 14 - Ensaio Charpy

Fonte: (CIMM, 2008).

Os corpos de prova podem ser de diferentes tipos, determinados por suas dimensões e formas dos entalhes. A norma americana E23 especifica três tipos, a saber, A, B e C. Todos possuem as mesmas dimensões: a seção transversal é quadrada com 10 mm de lado e o comprimento é de 55 mm. O entalhe é executado no ponto médio do comprimento e pode ter três diferentes formas: em V, em forma de fechadura e em U invertido, que correspondem aos grupos A, B e C, respectivamente (Figura 15). Para ferros fundidos e metais fundidos sob pressão o corpo de prova não necessita de entalhe.

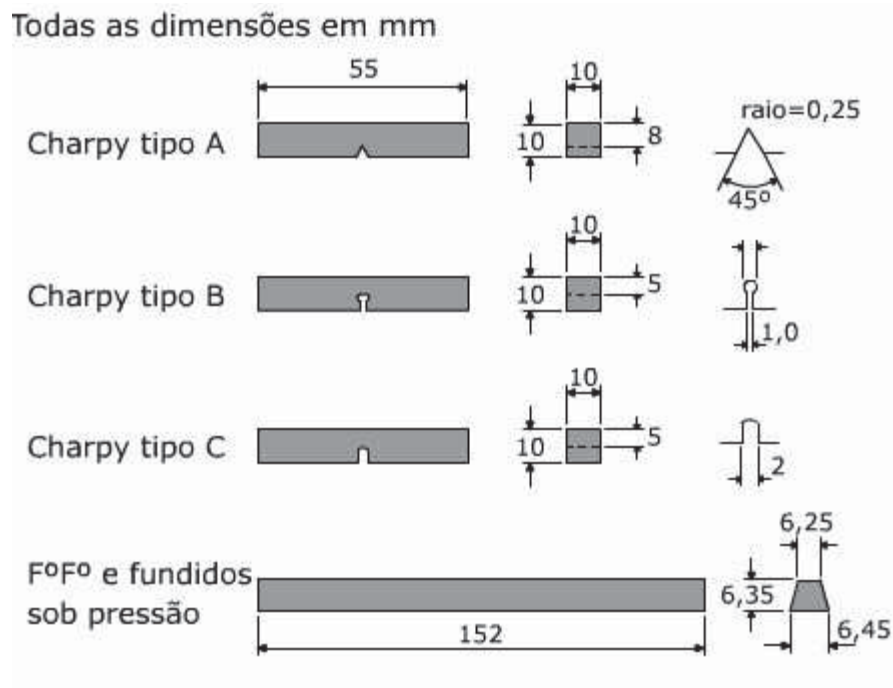


Figura 15 – Dimensões de corpos de prova para ensaio Charpy

Fonte: (CIMM, 2008).

Variações do corpo de prova do ensaio Charpy são adotadas por algumas normas internacionais. Assim é o corpo de prova Mesnager (Figura 16), semelhante ao corpo Charpy tipo C com profundidade de entalhe reduzida, e o corpo de prova Schnadt (Figura 17), com cinco diferentes geometrias de entalhe. No corpo Schnadt um pino de aço é posicionado dentro do entalhe para a execução do teste. O pino previne o aparecimento de tensões de compressão no impacto. Em todas as situações de corpos de prova especiais, existe a dificuldade em se estabelecer equivalência de resultados.

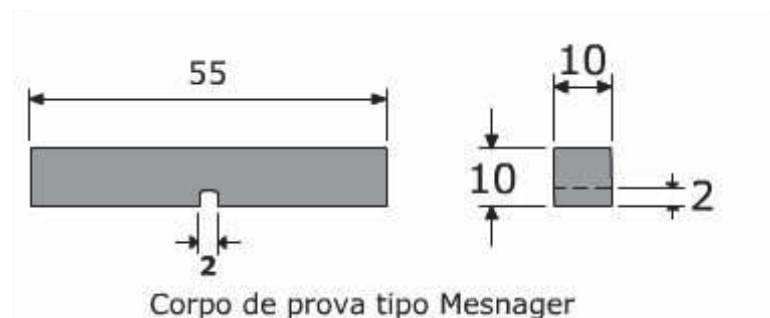


Figura 16 - Ilustração sobre corpos de prova

Fonte: (CIMM, 2008).

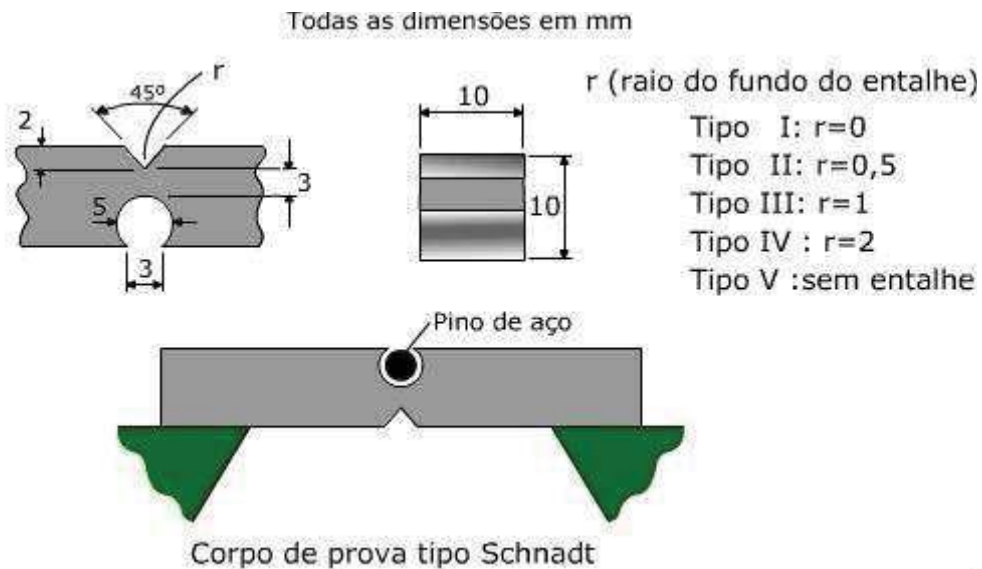


Figura 17 - Ilustração

Fonte: (CIMM, 2008).

2.7 Estudos relacionados ao presente trabalho

Há poucas referências sobre o desempenho de vigas laminadas com emendas soldadas. De acordo com Silva (2007), que estudou emendas soldadas em perfis soldados, as vigas estudadas e ensaiadas com emendas apresentaram experimentalmente valores acima do momento fletor último resistente teórico. A conclusão mais importante desse autor é de que as vigas com emendas soldadas apresentaram resultados superiores aos das vigas sem emendas. Torna-se evidente nessa situação que as tensões residuais oriundas do processo de soldagem contribuíram positivamente para o aumento de resistência nas vigas com emendas soldadas. Já em relação às vigas com emendas soldadas apresentaram valores para os seus respectivos deslocamentos verticais últimos bem menores que a viga sem emenda. Ressalta-se ainda que, ao relacionar as vigas sem e com emendas soldadas, nota-se que há uma significativa diminuição das flechas a favor das vigas que passam pelo processo de soldagem chegando a uma diminuição de 10%. Esses resultados mostraram que o processo de soldagem, quando bem executado, pode diminuir as flechas em vigas soldadas tipo "I". Para um significativo número de situações o fator preponderante no uso de vigas metálicas é o deslocamento vertical. A execução de emendas em algumas situações, não prejudica o desempenho da viga, mas ao contrário, ajuda a minimizar o problema de flecha excessiva.

Uma grande preocupação existente com a soldagem é a influência que esta pode causar na ductilidade do aço. Em termos gerais, o aço submetido ao processo de soldagem

sofre diminuição de sua ductilidade, fenômeno esse que ocorreu no aço estudado neste trabalho, pois o ensaio na tração dos corpos de prova soldados mostraram isso. No entanto, esse efeito não chegou a comprometer o desempenho das vigas.

Vieira (2010) estudou emendas em vigas soldadas, porém, de perfis formados a frio, e concluiu através de vários ensaios experimentais em relação aos deslocamentos verticais as diferenças de valores entre vigas não foi superior a 5%. O aço submetido ao processo de soldagem sofre redução de sua ductilidade como ficou evidenciado na comparação dos ensaios de corpos de prova com e sem emenda. Apesar dessa alteração da ductilidade, os resultados demonstram que esta alteração não é comprometedora para o desempenho das vigas.

Quanto ao modo de colapso, apesar de os cálculos apresentarem a flambagem lateral com torção como sendo o modo crítico para todas as vigas nos ensaios de Vieira (2010), ela só pode ser observada em duas vigas da série, mesmo assim, este não foi o modo crítico. As vigas da série A tiveram o seu colapso caracterizado pela flambagem local da mesa comprimida e as vigas da série B sofreram a flambagem por distorção da seção transversal.

A presença da soldagem não interferiu de forma significativa nos resultados, demonstrando que a solda, desde que feita com qualidade, pode ser utilizada para executar emendas e aproveitar ao máximo o material.

Por último, esse mesmo autor verificou uma grande reserva de resistência em relação aos valores obtidos através das equações da norma, eis que, sem os coeficientes de segurança, tais valores foram inferiores aos obtidos experimentalmente, o que mostra que os projetos que forem dimensionados seguindo os parâmetros estabelecidos pela ABNT NBR 14762 (2010) estarão com uma boa margem de segurança.

Bruneau e Mahin (1991) relatam que em emendas realizadas em perfil pesados na junção de aço demonstra uma resistência considerável chegando até a 20% a mais que a capacidade nominal do perfil. No entanto, apresenta também uma falha na região não soldada próxima à solda devido à soma de concentração de tensões, eis que, mesmo uma inspeção visual e de ultrassom, não foi o suficiente para evitar falhas indesejadas.

Os experimentos e ensaios cíclicos de Stallmeyer, Munse e Goodal (1957) feitos com vigas soldadas demonstram claramente que os resultados de fadiga feitas em estudos experimentais são semelhantes aos encontrados em vigas sem solda. Um ponto em comum com os experimentos é que os dados são muito parecidos com os que engenheiros encontram na fabricação de prédios com estruturas montadas em aço e também que com a prática

demonstrava que mesmo as sem solda iniciavam um processo de fadiga em suas extremidades ou em furos feitos.

Bruneau e Mahin (1991) relatam algumas dificuldades e fatores de colapso de grandes perfis laminados, entre eles, teores de carbono equivalentes acima de quarenta, o que leva a um aumento de fragilidade na zona termicamente afetada, aumentando a incidência de trincas. Outro fator importante refere-se à incidência de regiões de alta fragilidade e concentração de tensões provenientes dos buracos para acesso de solda realizado com corte por chama, processo este que gera regiões martensíticas no entorno, somado à própria concentração de tensão que os buracos geram, criam uma zona altamente propícia à formação de trincas. O autor ainda realiza testes de flexão em vigas com emendas parciais e totais. No caso das emendas parciais, o intuito foi de observar o comportamento da fratura e de que forma age e onde se localiza as concentrações de tensão devido ao procedimento. No caso da emenda total, foram unidas duas vigas com diferentes seções e os resultados experimentais indicaram não linearidades em se tratando de momento fletor, o que gerou uma diminuição dos valores deste na região da solda, o que representa um comportamento desejável em muitos casos.

Stallmeyer (1957) avaliou o comportamento de vigas construídas por solda sob carregamentos repetitivos. Neste trabalho, são separadas e classificadas amostras, desde vigas sem emendas, para utilização como parâmetros iniciais, como vigas soldadas de topo, bem como vigas com solda na alma ou não, inclusive vigas com buracos para acesso de solda. Das amostras analisadas, os melhores resultados foram obtidos com vigas com solda na mesa e sem solda na alma, seguido das vigas com emendas em três pontos. Porém, todos os resultados obtidos ficaram bem abaixo dos dados adquiridos para vigas sem qualquer tipo de emenda, evidenciando ainda uma restrição para este tipo de utilização. Outro fator de destaque é a análise qualitativa da fratura das amostras. Em se tratando de vigas sem emendas, a fratura por fadiga iniciou no cordão de solda entre a mesa e alma, na região de mudança de eletrodo, evidenciando que um aumento de resistência pode ser propiciado com a utilização de processos de solda contínuos. A vida média das vigas soldadas com buracos de acesso foi de somente 29%, em comparação com vigas sem emendas transversais. Todas as fraturas desse grupo iniciaram no pé do filete em torno do buraco. Emendas com buracos de acesso falharam com baixo número de ciclos, evidenciando a grande concentração de tensões geradas nesse procedimento.

3 METODOLOGIA PROPOSTA

3.1 Escolha das vigas e a localização das emendas

A norma ABNT NBR 8800:2008 não faz nenhuma referência à limitação de localização de emendas soldadas, no entanto, normas de empresas, tais como as da Petrobrás, utilizam as recomendações da EEMUA(2005), que prescrevem que as emendas com solda de topo estruturais tanto no que concerne a vigas em balanço, a vigas biapoiadas e a colunas devem estar posicionadas fora das regiões hachuradas (mostradas na Figura 18).

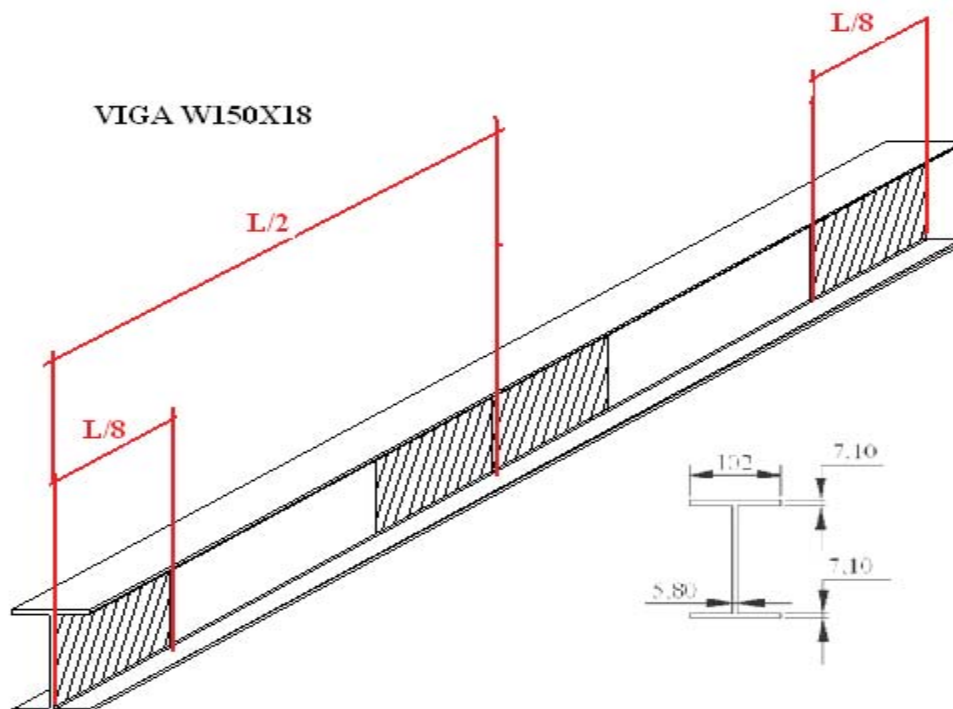


FIGURA 18 - Zonas onde as soldas devem ser evitadas.

Para avaliar a validade das recomendações acima citadas, foram escolhidos perfis W150x18 e definidas como vigas de referência sem emendas três amostras (Figuras 19). Em relação às vigas com emendas, foram definidas três com uma única emenda com solda de penetração total no meio ($L/2$) do vão da viga, três com uma única emenda localizada a um quarto do comprimento ($L/4$) do vão da viga, três com emenda a um terço ($1/3L$), e três com emenda a um oitavo do vão ($1/8L$). Foram previstas, também, vigas com emendas duplas localizadas na seção nas posições a $1/4L$ e $1/3L$, mais três localizadas nos $1/8$ nos extremos.



Figura 19 - Perfis Cortados

3.2 Controle de qualidade da produção da solda

3.2.1 Mão de obra

O processo que foi utilizado na união por solda é MIG/MAG, mas antes foram cortadas simulando sobras a serem reutilizadas o que acontece comumente nas fábricas de estruturas em aço. As peças com comprimentos já determinados foram emendadas e todas as emendas passaram por avaliações e testes (ver Figura 20).



Figura 20 - Corte dos perfis

Após seus cortes, todas as amostras foram preparadas para solda, sendo chanfradas (entalhes) para melhor penetração da área de fusão (ver Figuras 21, 22 e 23).



Figura 21 - Preparação dos chanfros



Figura 22 – Peça chanfrada

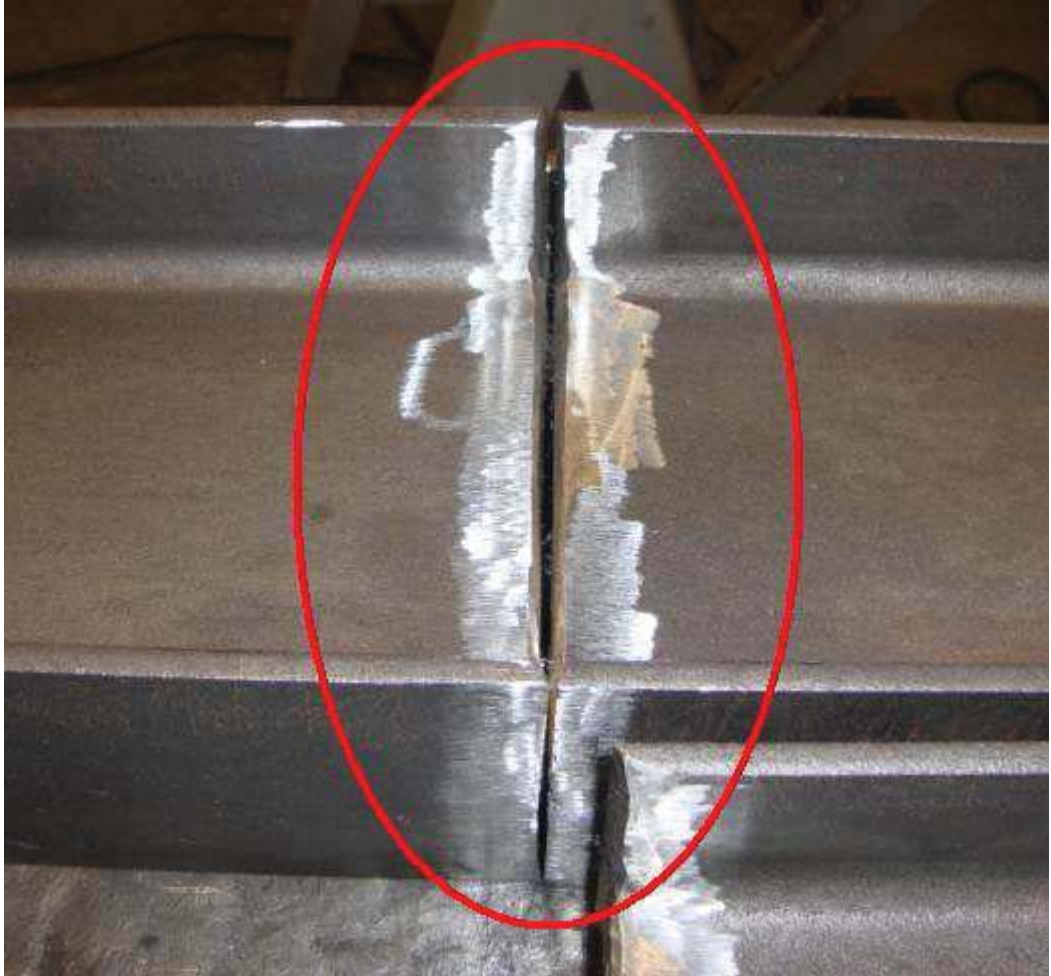


Figura 23 - Pronta para união por solda

Todos os perfis foram emendados pelos soldadores, sendo estes qualificados segundo a Norma AWS D1.1 e pelos processos de solda especificados na empresa que produziu as emendas. Os parâmetros e a máquina utilizada para esse processo de fabricação foram os mesmos do início até o final do processo produtivo. Os parâmetros de soldagem, como velocidade do arame, voltagem, amperagem, preparação da junta, seguem, para todas as amostras, os padrões normalizados.

Na Figura 24 pode ser observada a máquina utilizada em todas as uniões da solda pelo processo FCAW e a Figura 25 a solda recém realizada:



Figura 24 - Máquina de solda FCAW usada na produção das emendas.



Figura 25 - Vigas sendo emendadas ainda com solda quente.

Uma vez feitas todas as uniões e feita também inspeção visual, foram marcadas as vigas.

Com todas as peças já emendadas e para controle da produção, bem como para os ensaios destrutivos e não destrutivos, as peças foram identificadas pelos códigos expostos no Quadro 1 , adicionalmente foi incluída uma peça extra para corpo de prova onde seriam extraídos espécimes para realização de ensaios de tração do material e tenacidade do tipo Charpy .

Quadro1 - Nomenclatura das vigas definida pelo processo do fabricante

VIGA	Tipo de emenda
A60012-0011	Sem Emendas
A60012-0012	
A60012-0013	
A60012-002A	UMA EMENDA (1/2L)
A60012-002B	
A60012-002C	
A60012-003A	UMA EMENDA (1/3L)
A60012-003B	
A60012-003C	
A60012-004A	UMA EMENDA (1/4L)
A60012-004B	
A60012-004C	
A60012-005A	UMA EMENDA (1/8L)
A60012-005B	
A60012-005C	
A60012-006A	DUAS EMENDAS (1/3L)
A60012-006B	
A60012-006C	
A60012-007A	DUAS EMENDAS (1/4L)
A60012-007B	
A60012-007C	
A60012-008A	DUAS EMENDAS (1/8L)
A60012-008B	
A60012-008C	
A60012-009A	CORPOS DE PROVA

3.2.2 Ensaios de partícula magnética

O primeiro teste (ensaio) não destrutivo e de verificação das soldas foi o de partículas magnéticas, sendo realizado na raiz da emenda para verificar a ausência de trincas ou descontinuidades. Os resultados desse ensaio estão em anexo. Ainda, na imagem da Figura 26 observa-se a realização de um ensaio desse tipo.



Figura 26 – Realização de ensaios de partícula magnética

As peças ensaiadas foram todas feitas por pessoas qualificadas da empresa, com inspetores de solda dando o aval para todas as 25 peças em estudo.

3.2.3 Ensaio de ultrassom

Após feitas as soldadas, as vigas passaram também pela inspeção do processo de ultrassom (Figura 27), verificando a qualidade da solda, bem como a inexistência de fissuras, poros, trincas e outras descontinuidades que poderiam influenciar nos resultados da pesquisa. Para tanto, foi emitido um laudo de ultrassom conforme inserido em anexo desse relatório, com todos os procedimentos adotados para verificação do referido ensaio.



Figura 27 - Ensaio de ultrassom

Com todas as vigas já emendadas e já prontas para os ensaios de flexão, colocamos em ordem e nas posições para o teste figura 28.



Figura 28 - Perfis emendados nas posições pré estabelecidas.

Os perfis para os ensaios de flexão (Figuras 29 e 30) receberam a aplicação de uma camada de *primer* para que não apresentassem oxidação e também para que possam ser bem demonstradas suas deformações quando ensaiados no pórtico autoportante.



Figura 29 - Aplicação de fundo primer



Figura 30 - Fundo primer aplicado em todas as 24 amostras.

3.3 Ensaio de flexão estática por três pontos

Especificamente neste ensaio foi utilizado um pórtico autoportante (Figura 31), fabricado para tal fim, onde foram medidos os deslocamentos e o carregamento aplicado no meio do vão das 24 amostras para as diferentes posições das emendas soldadas.

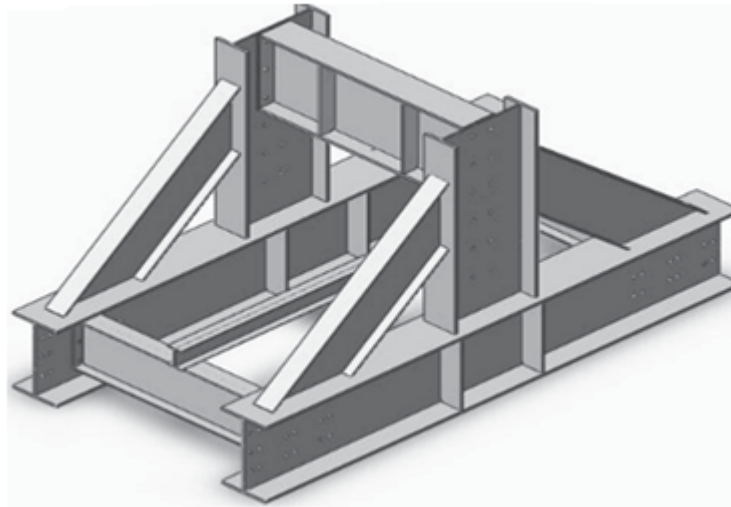


Figura 31 - Pórtico autoportante.

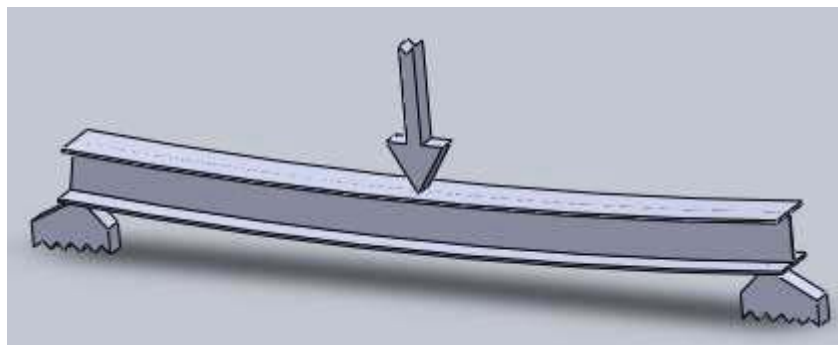


Figura 32 - Modelo de carga a ser aplicada em 3 pontos

Para os 24 ensaios de flexão, foram executados os seguintes procedimentos:

1. Posicionamento dos corpos de prova nivelando com auxílio de balancins e niveladores fabricados para este objetivo, no pórtico de ensaio.
2. Aplicação do carregamento com macaco hidráulico ENERPAC com capacidade máxima de 25 toneladas (250 KN).
3. Utilização de dois relógios comparadores da marca Mitutoyo com leitura analógica e tolerância de $\pm 0,01$ mm.
4. Utilização, como comparativo e também para maior confiabilidade, da leitura digital através de duas réguas da marca GEFTRAN LTM 50 S colocadas nas mesmas posições dos relógios comparadores (ver Figura 36).

5. Utilização, para a coleta de dados, de uma placa de aquisição de dados da marca MEASUREMENT COMPUTING, com oito canais diferenciais e resolução de 16 bits, e taxa de aquisição máxima de 200ks/s.
6. Utilização, na célula de carga utilizada, da marca P.T. com capacidade máxima de 100kN (10 toneladas) e resolução de $\pm 0,3$ N.

Para realização das leituras dos relógios analógicos e das réguas, foi construída uma peça em forma de T (Figura 33) posicionada na mesa superior da viga para que ambos os relógios trabalhassem na mesma posição em relação ao centro e medindo o deslocamento simultaneamente (Figuras 34).

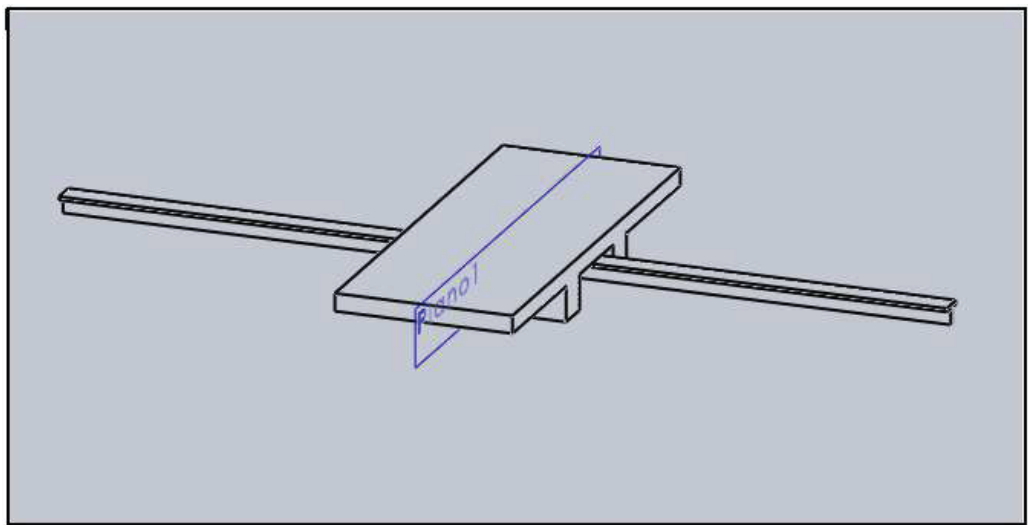


Figura 33 Peça fabricada para alinhamento das réguas e relógios



Figura 34 – Medição com medidores de deslocamento analógicos

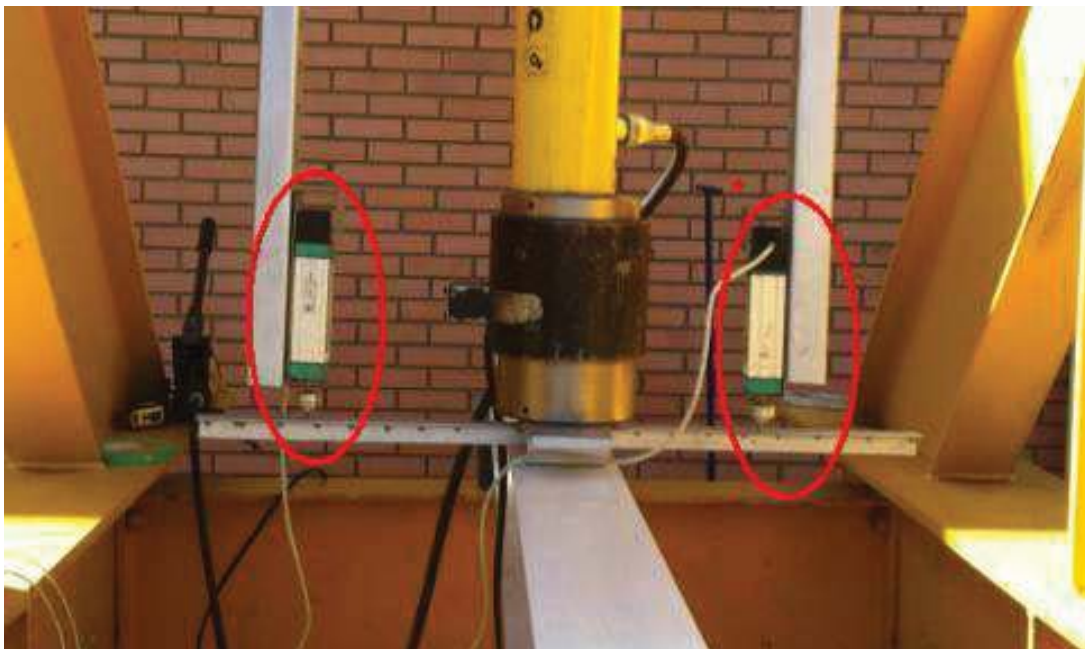


Figura 35 – Medição com réguas digitais

3.3.1 Controle de carregamento e deslocamento

Ensaio de flexão em vigas com uma emenda.

Nos primeiro ensaios foram colocadas duas vigas de três metros (A60012-0011, e 0012) sem emendas para servirem de referência, e depois foram ensaiadas as vigas com uma única emenda sendo localizadas nas posições de $1/2$, $1/3$, $1/4$, $1/8$.

Aplicou-se uma carga de 3kN e se verificou sua deformação nos relógios comparadores, seguindo de 3 em 3 kN, verificando sempre a deformação até que ocorresse a deformação plástica, que no primeiro grupo de ensaios ficou aproximadamente entre 72 e 80 kN.



Figura 36 Deslocamento na viga com uma emenda

Ensaio de flexão em vigas com duas emendas

Com o mesmo procedimento dos primeiros ensaios, foram ensaiadas, na sequência, as vigas com duas emendas, de novo aplicando incrementos de carga de 3kN e fazendo a leitura nos relógios a deformação dessas vigas.

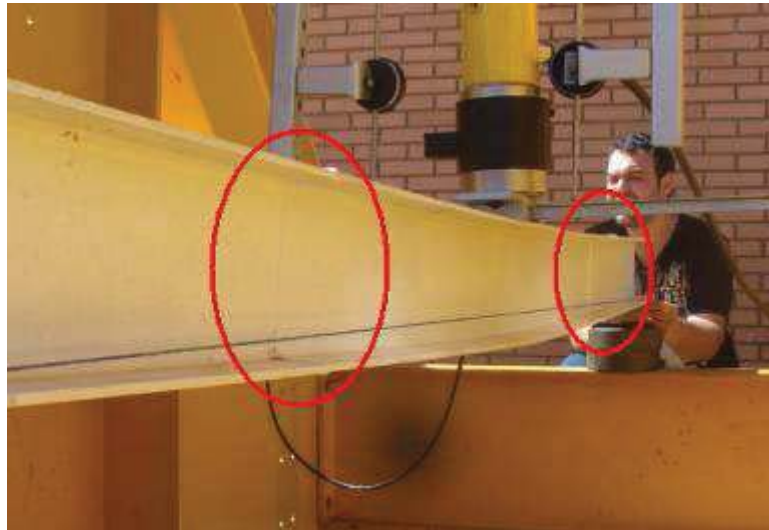


Figura 37 - Deslocamento na viga com duas emendas.

Os ensaios até aqui realizados tiveram o uso de relógios comparadores e nos ensaios seguintes o sistema de aquisição para medir a carga aplicada e os deslocamentos foi com aquisição de dados e uso de réguas digitais

3.3.2 Plastificação da viga como seção compacta

Para evitar qualquer problema e apenas avaliar a capacidade resistente até a plastificação total, as vigas aqui estudadas nem apresentam problemas de flambagem local na alma, nem na mesa, além de restringir a flambagem lateral com torção, considerando que o comprimento livre de travamento é de metade do comprimento da viga.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização do material

Foram extraídas seis amostras do corpos de prova (A60012-009A) para caracterização do material base e outros seis extraídos das emendas soldadas. Assim como seis corpos de

prova no metal base e mais seis no metal de solda para ensaios de tenacidade, totalizando 24 amostras (Charpy) (Ver Figura 38).



Figura 38 - Corpos de prova

4.1.1 Ensaios de tração

Os corpos de prova foram extraídos da viga adicional com as mesmas qualidades de solda, testes de partículas magnéticas e ensaios de ultrassom. Os corpos de prova foram retirados de uma peça que foi soldada com o mesmo soldador e a mesma máquina e parâmetros tudo junto com as vigas para ensaios de flexão justamente para os ensaios mecânicos tração e Charpy. Nas Figuras 39, 40 e 41 são mostradas a localização para extração dos corpos de prova conforme normas vigentes, tanto do material base como da seção com solda, e na Figura 42 é mostrado o ensaio.



Figura 39 - Localização para extração dos corpos de prova para ensaios de tração.

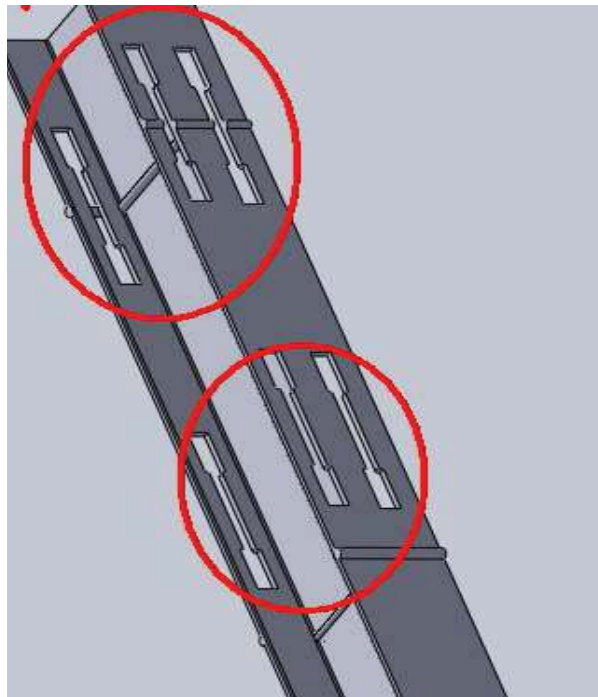


Figura 40 - Ilustrativa das amostras retiradas.



Figura 41 - Amostras para ensaios.



Figura 42 Ensaio de tração, mostrando o momento de escoamento do corpo de prova.

Os resultados dos ensaios de tração são apresentados na Tabela 1. A Figura 43 mostra os corpos de prova do material base, e a Tabela 02 o material de solda. os laudos estão nos anexos deste trabalho e na Figura 43 as amostras ensaiadas.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de tração no material base.

Corpo de Prova	f_y (N/mm²)	f_u (N/mm²)
CPmb-01	387,9	486,0
CPmb-02	390,1	495,0
CPmb-03	366,0	480,0
CPmb-04	360,5	458,0
CPmb-05	393,4	486,9
CPmb-06	401,4	506
Valor Médio	389,0	486,9
Desvio padrão	36,3	20,4
C.V.	9%	4%



Figura 43 Corpos de prova ensaiados à tração

Tabela 2 – Resultados dos ensaios de tração no material de solda

Corpo de Prova	f_y (N/mm²)	f_u (N/mm²)
CPms-01	346,7	483,9
CPms-02	376,5	494,9
CPms-03	384,5	492,5
CPms-04	386,6	481,5
CPms-05	397,2	498,1
CPms-06	387,5	492,1
Valor Médio	385,6	492,1
Desvio padrão	39,2	11,8
C.V.	10%	2%

4.1.2 Ensaio de tenacidade

Da mesma maneira que os ensaios de caracterização da tensão de escoamento e ruptura, foram desenvolvidos seis corpos de prova no material base e seis no material de solda, os resultados são apresentados nas Tabelas 3 e 4 e as peças ensaiadas na figura 44. Os laudos oficiais estão nos anexos deste trabalho.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de Charpy no material base

Corpo de Prova	E (Joules)
CPmb-01	73
CPmb-02	74
CPmb-03	69
CPmb-04	71
CPmb-05	71
CPmb-06	75
Valor Médio	72
Desvio padrão	5
C.V.	7%

Tabela 4 – Resultados dos ensaios de Charpy no material solda

Corpo de Prova	E (Joules)
CPmb-01	60
CPmb-02	63
CPmb-03	48
CPmb-04	58
CPmb-05	53
CPmb-06	57
Valor Médio	57,5
Desvio padrão	11,9
C.V.	21%



Figura 44 ensaios de Charpy no material base.

4.2 Controle de qualidade da solda

4.2.1 Ensaios de partícula magnética

Todas as vigas (peças) soldadas tiveram seus ensaios não destrutivos realizados e aprovados, não sendo encontrada nenhuma inconformidade. Os laudos estão nos anexos deste trabalho.

4.2.2 Ensaios de ultrassom

As emendas nas vigas foram ensaiadas com ultrassom, ensaio também não destrutivo, e nenhuma delas apresentou imperfeições na solda nos limites especificados pela AWS D 1.1. Os laudos oficiais estão nos anexos deste trabalho.

4.3 Resultados dos ensaios à flexão

A seguir são apresentadas as figuras com os resultados dos ensaios de flexão estática, primeiramente das vigas sem emenda que servem de referência para o teste da hipótese da validade de usar com a mesma segurança vigas com emenda de topo soldada. Na Figura 45, observam-se as três vigas de referência, mostrando resultados equivalentes, tanto que o coeficiente de determinação, R^2 , que determina o grau de correlação entre duas variáveis, que é muito forte, quase de valor 1,00. No final da curva observa-se o início da plastificação. No ensaio, como não houve mais aumento de aplicação da carga e os deslocamentos cresciam até poder atingir os limites do sistema de aquisição de medição de deslocamentos, o ensaio era finalizado quando o aumento de carregamento não era mais possível. Isso quer dizer que se representar a curva com mais pontos 35mm de deslocamento apresentaria uma linha com pouca inclinação tendendo a uma linha horizontal, típica de um comportamento elasto-plástico perfeito.

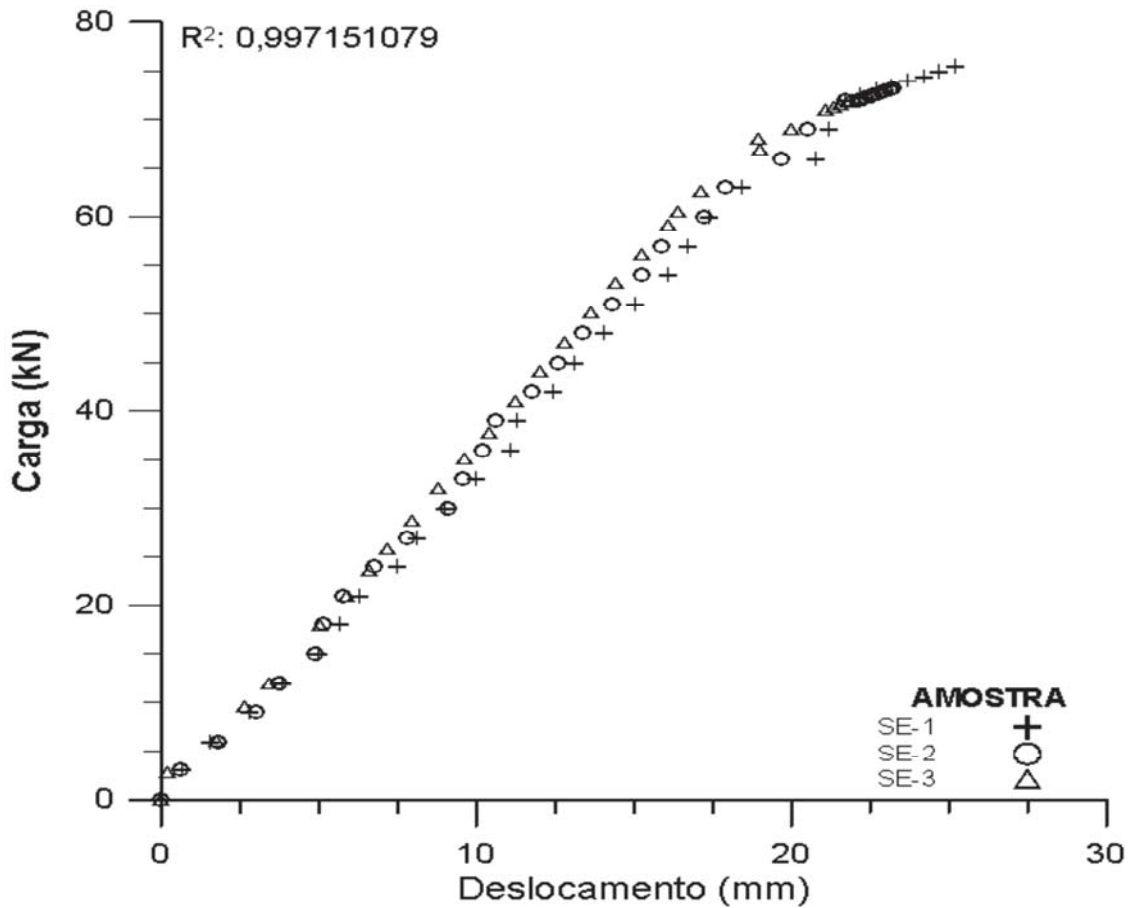


Figura 45 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas

Na Figura 46 são apresentadas as vigas com emenda de solda de topo no meio do vão comparada com as vigas de referência sem emenda. Observa-se de novo uma correlação forte entre as vigas ensaiadas de 0,99, ainda mostrando uma pequena maior capacidade das vigas com emenda soldada. As vigas sem emenda são rotuladas na figura como VSE, os espécimes A e B foram ensaiados com medição analógica, e o espécimen C com aquisição de dados digital. Os resultados entre ambos os sistemas de aquisição são equivalentes.

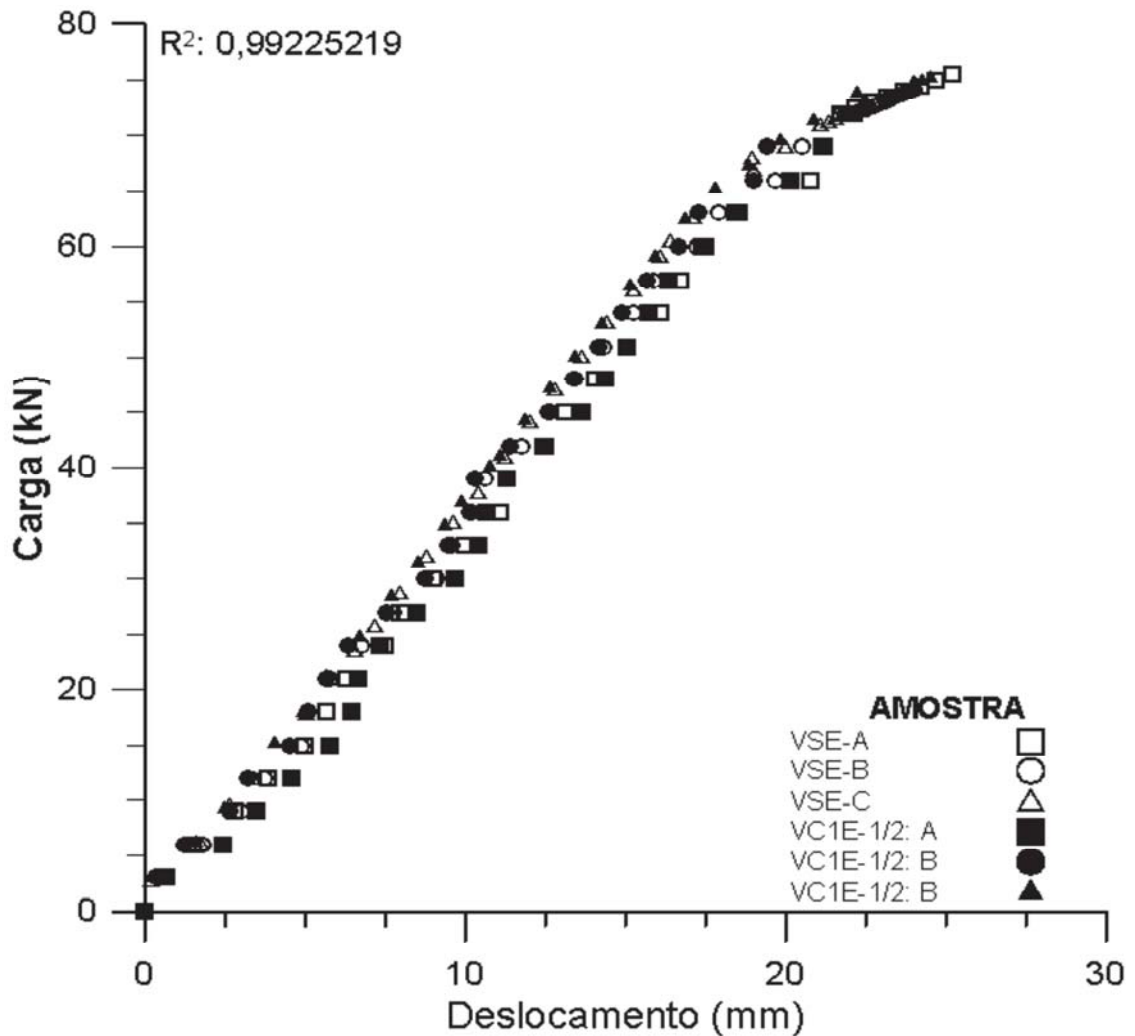


Figura 46 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com uma única emenda no meio do vão

Nas seguintes Figuras 47, 48, 49 são apresentadas respectivamente a comparação entre os ensaios das vigas sem emenda de referencia e as vigas com emendas a $1/3$ do apoio, a $1/4$ do apoio e a $1/8$ do apoio. Em todos os resultados se observam correlações fortes com valores perto da unidade.

Deve se notar que uma das vigas com emenda a $1/4$ do apoio apresentou maior inclinação da curva carga deslocamento, esse fato pode ser pela grande quantidade de solda adicional disposta na emenda, ou por outras duas possibilidades, a primeira de ter havido um problema com a aquisição dos dados ou de ter uma contraflecha que modificou os resultados.

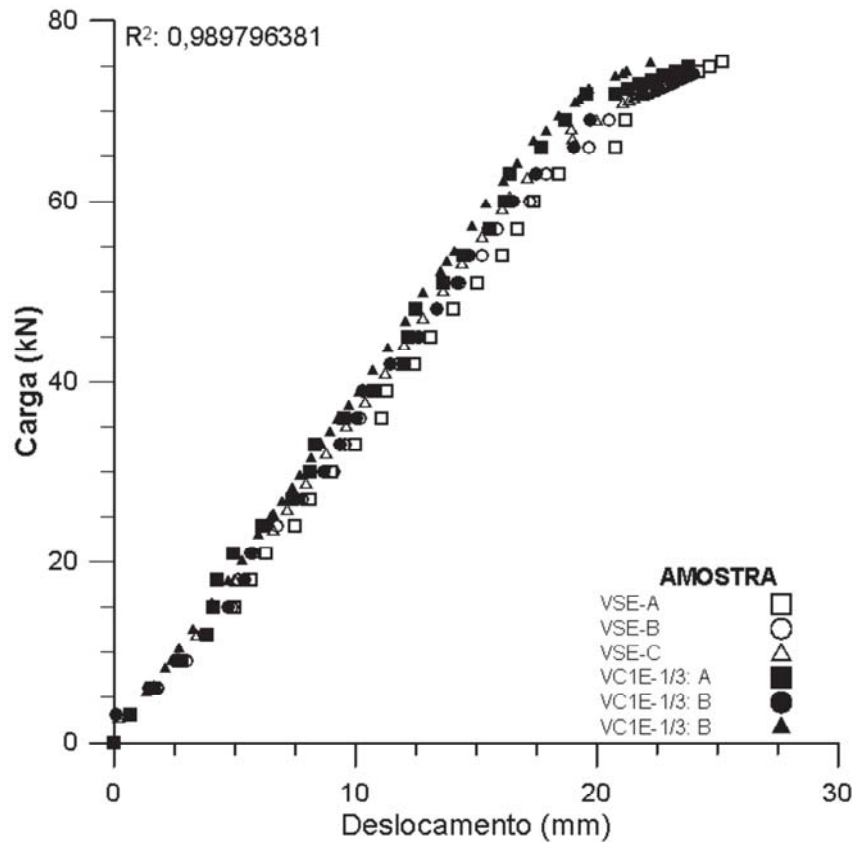


Figura 47 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com uma única emenda localizada a 1/3 do extremo do vão

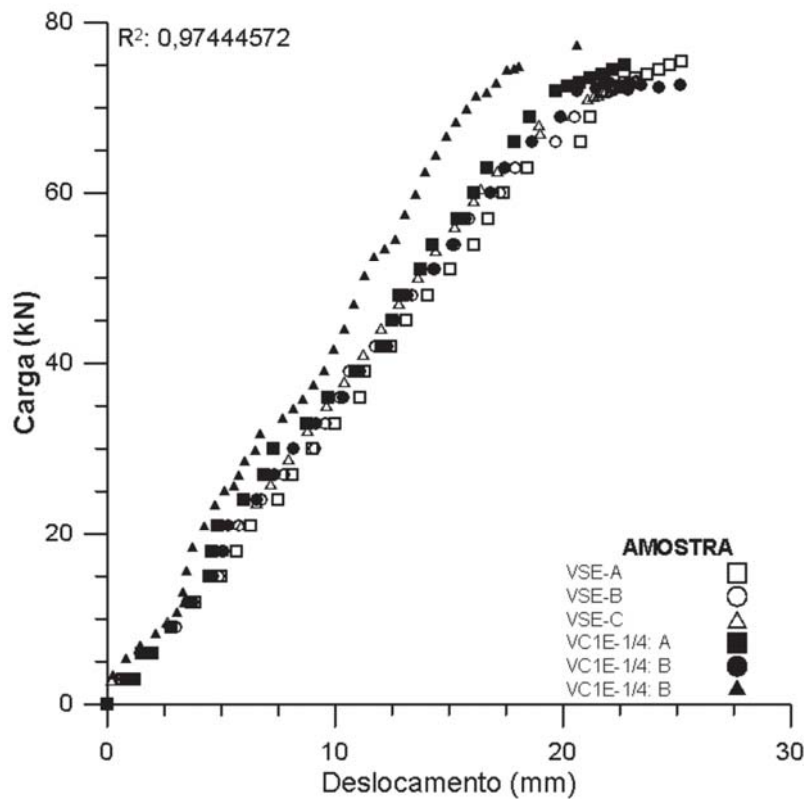


Figura 48 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com uma única emenda localizada a 1/4 do extremo do vão

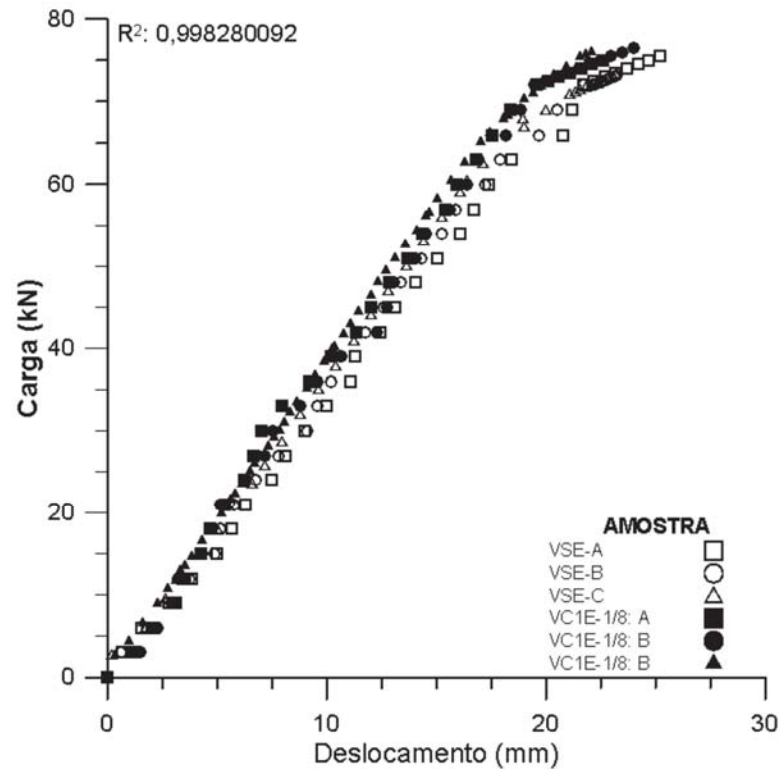


Figura 49 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com uma única emenda localizada a 1/8 do extremo do vão

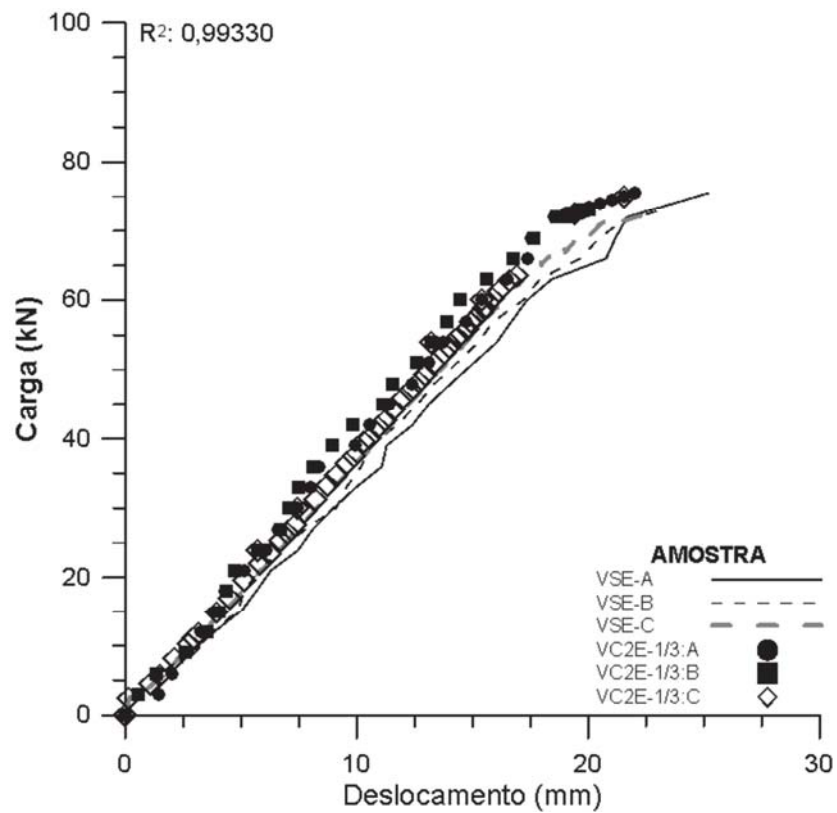


Figura 50 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com duas emendas localizadas a 1/3 dos extremos do vão

Nas Figuras 50, 51 e 52 são apresentados os gráficos de carga deslocamento para as vigas com emendas duplas comparadas as sem emendas, localizadas a 1/3 dos dois apoios extremos das vigas, 1/4 e 1/8 respectivamente. De novo os resultados mostram que as vigas sem emenda e com emenda tem o mesmo comportamento, com alto grau de correlação.

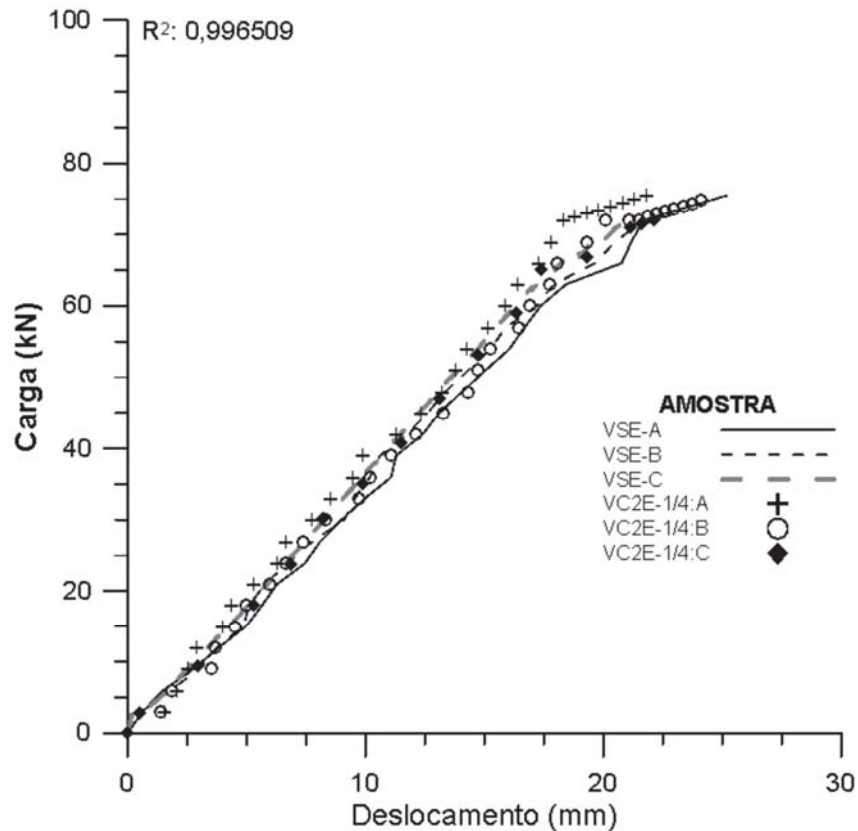


Figura 51 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com duas emendas localizada a 1/4 dos extremos do vão

Os resultados de todos os ensaios de vigas com uma única emenda comparada as vigas de referência sem emenda são apresentados na Figura 53. Na sequência, também são mostrados os resultados das vigas com duas emendas comparadas as sem emenda na Figura 54 e, finalmente, é apresentado um gráfico carga aplicada *versus* deslocamento com todas as vigas ensaiadas na Figura 55, três sem emenda, e mais 21 com emendas simples ou duplas em posições já mencionadas anteriormente.

Esses resultados validam a hipótese de que vigas de perfis laminados com emendas de topo sujeitas a cargas estáticas e, desde que a solda tenha qualidade assegurada por ensaios não destrutivos padrões, têm capacidade resistente e de comportamento que as vigas sem emenda.

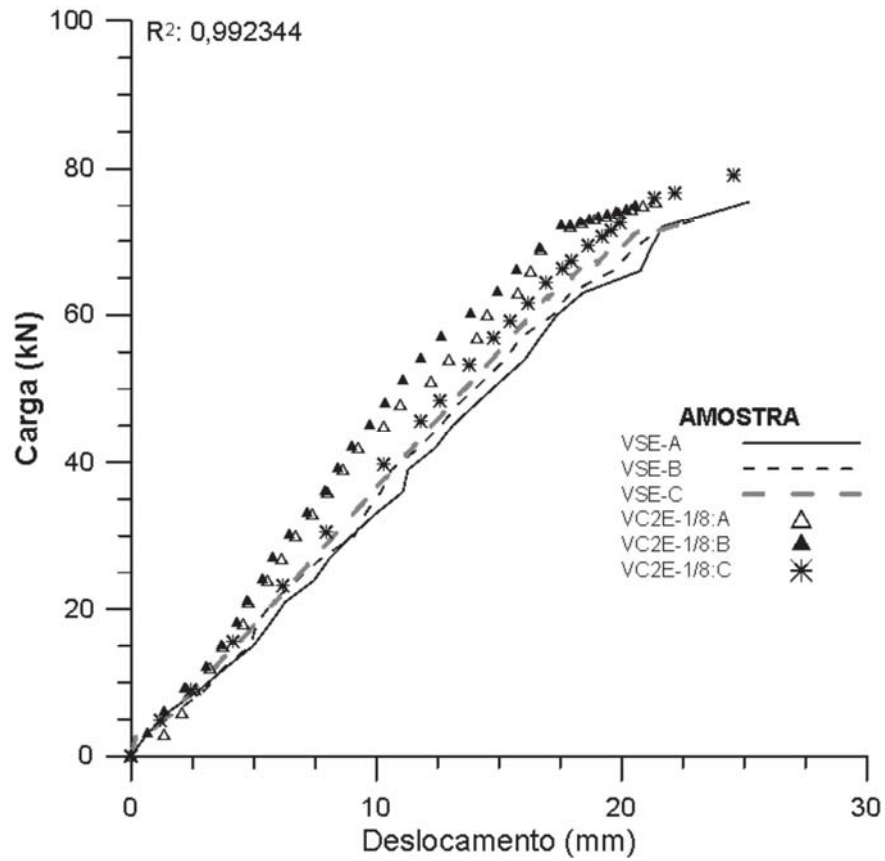


Figura 52 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com duas emendas localizada a 1/8 dos extremos do vão.

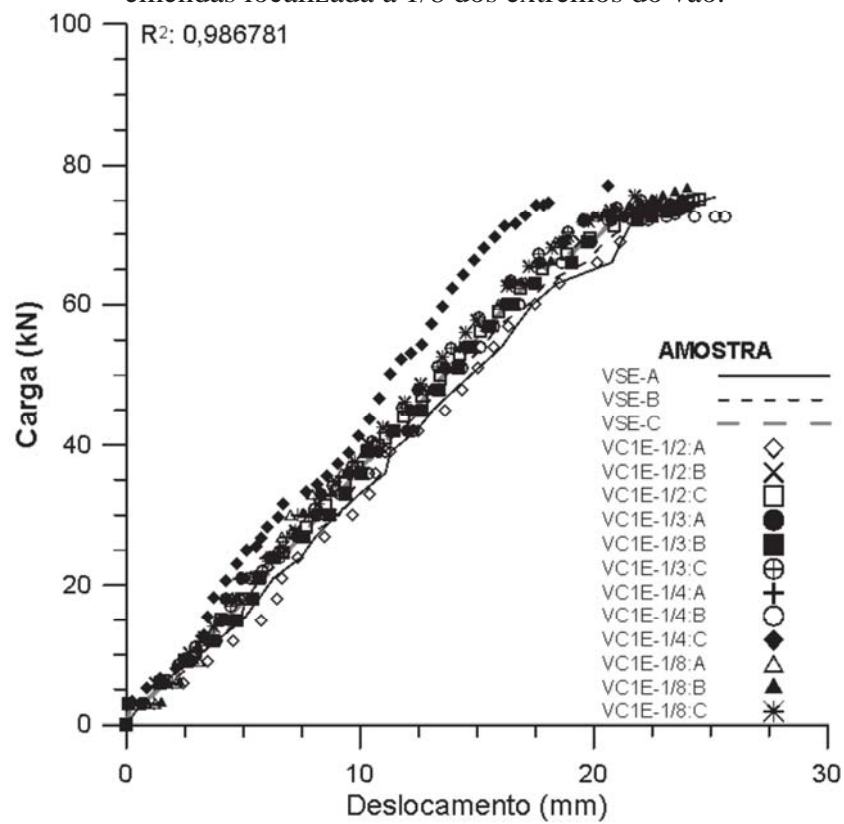


Figura 53 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com uma emenda.

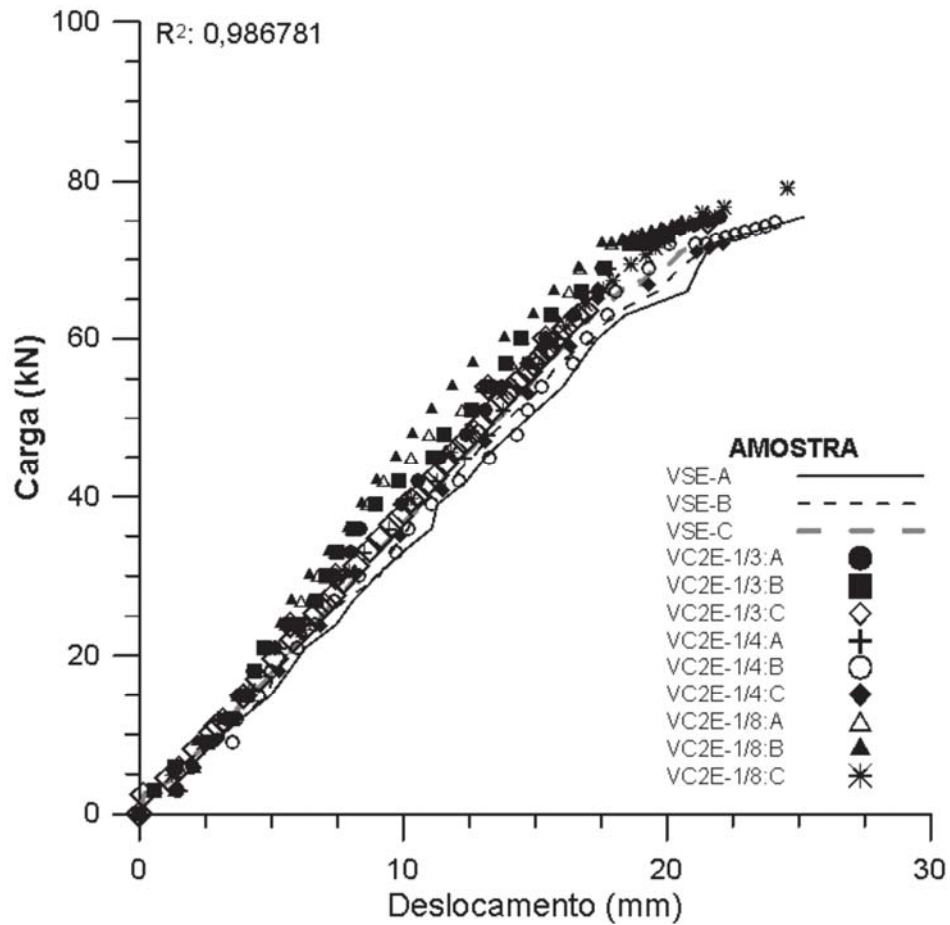


Figura 54 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com duas emendas.

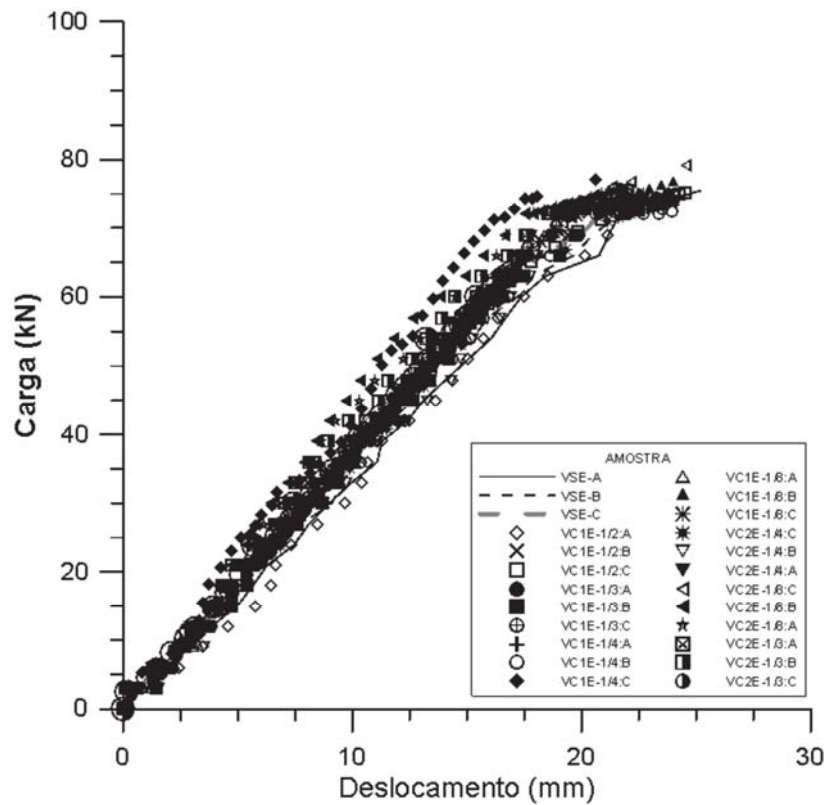


Figura 55 - Gráfico carga *versus* deslocamento para as vigas sem emendas e com emendas.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A caracterização do material das vigas usadas nos ensaios atendeu os padrões esperados. Dessa forma, se observa nas Tabelas 1 e 2 das páginas 49 e 50 que os ensaios no material base e de solda na emenda são equivalentes e, acima do mínimo especificado. Por outro lado, os ensaios de tenacidade, de Charpy, mostram de acordo com as Tabelas 3 e 4 na páginas 51 que os corpos de prova com solda têm menor capacidade de absorção de energia, resultado este já esperado.

Nos ensaios estáticos não houve diferença significativa em realizar os ensaios com sistema de aquisição analógico ou digital, dado talvez a simplicidade destes.

A Figura 55 permite avaliar a qualidade dos resultados de comparação entre vigas sem emenda e com emendas simples e duplas, para carga estática, e afirmar que o uso de emendas soldadas em perfis laminados independe da posição desta e é segura e equivalente se comparada a perfis sem emendas.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Em relação à caracterização do material empregado, os resultados afirmaram sua conformidade, para isso foram realizados ensaios de tração e de tenacidade (Charpy).

Os espécimes das vigas foram preparados com a maior qualidade possível e ainda foram, tais vigas, verificadas com os padrões internacionais para defeitos de solda com ensaios de partícula magnética e de ultrassom. Em todas as vigas, os ensaios mostraram a qualidade comprovada da fabricação e preparação.

Os ensaios de carga estática mostram que, com vigas conformes na qualidade de solda, as vigas com emendas têm comportamento equivalente às sem emenda. É importante citar que, pelos limites de utilização para vigas de piso, por exemplo, o limite de flecha é o de vão dividido por 250, isto é, o valor limite para as vigas aqui ensaiadas é de $3000\text{mm}/250 = 12\text{mm}$, valor este amplamente superado em todos os ensaios. Da mesma maneira, é possível afirmar, sobre o valor de momento de flexão por início de escoamento limitado ao módulo elástico da seção multiplicado pela tensão de escoamento, que este foi atingido nos ensaios.

Os resultados aqui aferidos podem ser extrapolados a vigas de outras alturas laminadas e a vigas soldadas, desde que comprovada sempre a solda pelo menos por ultrassom. Se necessário, o estudo poderia ser ampliado usando pelo menos nove vigas soldadas com emendas no meio, $1/3$ e $1/4$ comprimento.

Uma continuidade a este trabalho seria avaliar um conjunto de vigas com emendas sujeitas a cargas cíclicas comparadas a vigas sem emendas.

AGRADECIMENTOS

À empresa METASA S.A., pelo fornecimento dos perfis para os ensaios e pelo apoio na realização de ensaios não destrutivos.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 14762:2010: *Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2010.

ABNT NBR8800: 2008 – *Projeto de Estrutura de aço e de estrutura mista de aço e concreto de edifícios*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2ª edição, Rio de Janeiro, 2008.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. A-370-97 *Standard test methods and definitions for mechanical testing of steel products*. Philadelphia, 1997.

ANDREUCCI, Ricardo. *Associação brasileira de ensaios não destrutivos e inspeção*. São Paulo, 2007.

AWS D1.1:2010, AN AMERICAN NATIONAL STANDART. *American Welding Society*, Miami, EUA, 2010.

BELLEI, Ildony H. *Edifícios Industriais, Projeto e Cálculo em aço*. Editora Pini Ltda: São Paulo, 2003.

BELLEI, Ildony H.; PINHO, Fernando O.; PINHO, Mauro O. *Edifícios de múltiplos andares em aço*. Editora Pini Ltda, 2ª edição revisada e ampliada de acordo com a NBR 8800, São Paulo, 2008.

BLODGETT, O. W. *Design of welded structures*. 3.ed. Cleveland, Ohio: The James F. Lincon Arc Welding Foundation, 1996.

Bruneau, M., Mahin, S. A., Popov, E. P., *Ultimate Behavior of Butt Welded Splices in Heavy Rolled Steel Sections*, EERC Report No. 87-10, (Berkeley: University of California, Earthquake Engineering Research Center, September, 1987).

CIMM - Centro de Informação Metal Mecânica, 2008, Material Didático: Teste Charpy. [<http://www.cimm.com.br>]

Engineering Equipment and Materials User's Association – EEMUA (2005), *Construction Specification for Fixed Offshore Structures in the North Sea*, Londres. (www.eemua.org)

GARCIA , A *Ensaio dos Materiais Rio de Janeiro:Editora S.A1999*

MALITE, MAXIMILIANO. *Estruturas de aço construção por perfis de chapa dobrada: Dimensionamento de ligações*. São Carlos 1994, Escola de engenharia da USP

OWENS, G. W.; CHEAL, B. D. *Structural steelwork connections*. London: Butterworth, 1989.

PERFIS GERDAU, Disponível em: <<http://www.gerdau.com.br/produtos-e-servicos/produtos-por-aplicacao-detalhe-produto.aspx?familia=319>>. Acesso em: 22 nov. 2011.

PROCESSOS DE SOLDA , Disponível em: <[http://www.esab.com.br/produtos-e-servicos/produtos e catalogos](http://www.esab.com.br/produtos-e-servicos/produtos-e-catalogos)>. Acesso em: 20 out. 2011.

QUITES, Almir M.; DUTRA, Jair C. *Tecnologia da soldagem a arco voltaico*. Editora Edeme: Florianópolis, 1979.

SILVA, Thiago Dias de Araújo e. Estudo do comportamento de vigas metálicas em perfil soldado tipo “I”, com emendas soldadas, submetidas à flexão simples, Universidade Federal de Goiás, Dissertação Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2007.

SONOTRON , Disponível em:<<http://www.sonotronndt.com//produtos e catalogos>>. Acesso em: 25 out. 2011.

Stallmeyer, J. E., Nordmark, G. E. Munse, W. H., and Newmark, N. M., "Fatigue Strength of Welds in Low-Alloy Structural Steels, THE WELDING JOURNAL 35, (6), Research Suppl., 298-s to 307-s (1956

USIMINAS. *Construção Civil*. Software Usimetal, Belo Horizonte-MG, 2000

VIERA , Gregório Sandro. Análise Experimental de Vigas de seção “I” compostas de perfis formados a frio com emendas soldadas, submetidas à flexão simples Universidade Federal de Goiás, Dissertação Mestrado, Escola de Engenharia Civil, 2010.

WAYNER, E.; BRAND, S. D.; DECOURT, F. *Soldagem processo e metalurgia*. São Paulo: Editora Edigard Bllush, 1995.

ANEXO A – Certificação de conformidade da material .

GERDAU AÇOMINAS S.A.

**CERTIFICADO DE QUALIDADE
MILL SHEET CERTIFICATE**

USINA - STEEL WORKS
RODOVIA MG401 - KM 17 PAZ CADETE
OURO BRANCO - CEP. 36420-000 - MG
MINAS GERAIS - BRASIL
C. Postal-9001 - FAX 55.31.3749.2233

Certificamos que o produto está de acordo com os requisitos da norma técnica citada.
We hereby certify that the product is in accordance with the requirements of the below mentioned technical specification.
Para maiores informações de fornecedores e clientes, este certificado tem caráter confidencial e sua transcrição total ou parcial, sem as cópias anexadas sob problemas, exceto quando autorizadas por escrito, pela Gerdau Açominas.
As a mutual protection to customers and ourselves, all reports are submitted as a confidential property, authorization for publication of statements, conclusion or extract from or registering our reports is reserved pending our written approval.

Cliente / Customer
METASA S A IND MET
EST VIA PASSO FUNDO RS 324 KM 82 SN-SAO JOSE OPERARIO
MARAU-RS-99150-000-BR

Nº Ordem - Order
13217051 NF 542517

Página / Page
1 / 1

DESCRIPTION DO PRODUTO SPECIFICATION/PRODUCT	Corrida CP LE LR ALONG C Mx SI P S ALL Nb V	Heat BR MPA MPA % % % % % % %
PERFEL T A 572 GR 50 W150X18,0 - 12 N	4476633 01 441 516 28.5 0.16 0.94 0.20 0.022 0.013 0.002 0.014 0.002	02 419 502 27.0

NÍVEL DE OXIDAÇÃO DE SUPERFÍCIES CONFORME NORMA ISO 8501-1:
NÍVEL C MÁXIMO.
SURF LEVEL ACCORDING TO ISO STANDARD 8501-1: LEVEL C MAXIMUM.
Foram utilizadas corpos-de-prova com L0 = 200mm.
It were used full size specimens (L0 = 200mm)

METASA Inspeção de Recebimento

Nota Fiscal	542517	Embalagem	OK
Ord. Compra	9368	Qualidade	OK
Quant. Recbh. Kg	14320	Aplicação	18100w
Data	06/06/2011	Visão	<i>[assinatura]</i>

Códigos das propriedades mecânicas
Codes of the mechanical properties

Perfis mecânicos / Structural shapes - norma standard ASTM A-6 05a

QUALIDADE E TECNOLOGIA A SERVIÇO DE Nossos CLIENTES
QUALITY AND TECHNOLOGY TO SERVE OUR CUSTOMERS

[assinatura] 01.06.2011
Eng. Ed A. Ferreira Silva CREA 56.313
Gerência de Produção / Production division
Data de emissão / Date of issue

ANEXO B -Registro de inspeção dimensional

METASA[®]**REGISTRO DE INSPEÇÃO
DIMENSIONAL**

RQ-MM-8.4.2-03

Cliente.: METASA S.A Indústria Metalúrgica			Data: 20/04/2012
Projeto: UPF		Etapa: A1	N: 01
Norma de Referência: Conforme PQ-MC-26	Procedimento: PQ-MC-26	Material: AÇO CARBONO	FL: 1 / 1
CODIGO DA PEÇA	QUANT.	OBSERVAÇÕES	
A60012-002A	01	-	
A60012-002B	01	-	
A60012-002C	01	-	
A60012-003A	01	-	
A60012-003B	01	-	
A60012-003C	01	-	
A60012-004A	01	-	
A60012-004B	01	-	
A60012-004C	01	-	
A60012-005A	01	-	
A60012-005B	01	-	
A60012-005C	01	-	
A60012-006A	01	-	
A60012-006B	01	-	
A60012-007A	01	-	
A60012-007B	01	-	
A60012-007C	01	-	
A60012-008A	01	-	
A60012-008B	01	-	
A60012-008C	01	-	
ITENS VERIFICADOS:			
X Comprimento X Largura X Esquadro X Espessura X Flecha / paralelismo			
* Os desvios encontrados estão de acordo com as tolerâncias de projeto e o Plano de Medidas e Tolerâncias.			
INSTRUMENTOS:			
LAUDO:			
APROVADO (X)		REPROVADO ()	EXAME COMPLEMENTAR ()
RNC N: n/a			
INSPETOR DIMENSIONAL	VERIFICAÇÃO	CLIENTE	
Valdeci A. Alves Inspetor Dimensional Nível II CD CL - SHQC Nº 18815	Wagner Venin Controle de Qualidade		
DATA: 20/04/12	DATA: 30/04/12	DATA: / /	


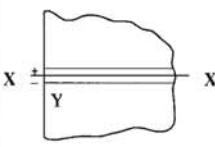
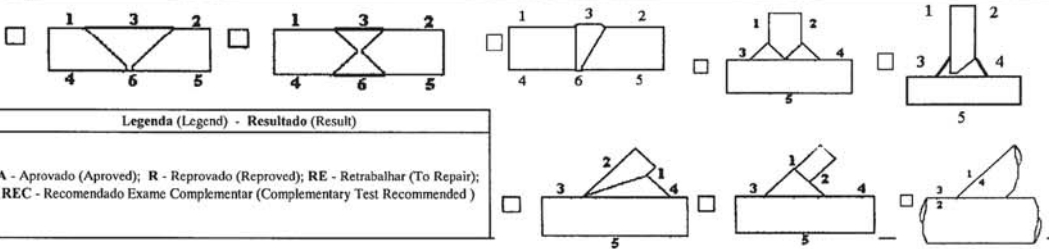
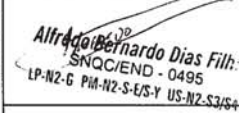

ANEXO C -Registro de inspeção dimensional

METASA[®]**REGISTRO DE INSPEÇÃO
DIMENSIONAL**


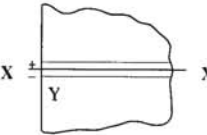
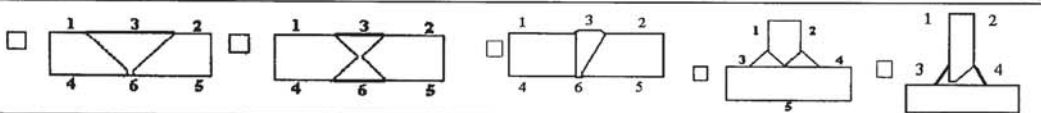
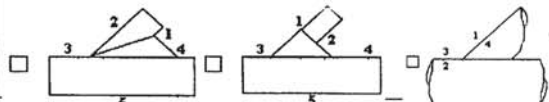

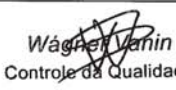
RQ-MM-8.4.2-03

Cliente.: METASA S.A Indústria Metalúrgica		Data: 14/05/2012	
Projeto: UPF		Etapa: A1	N: 02
Norma de Referência: Conforme PQ-MC-26	Procedimento: PQ-MC-26	Material: AÇO CARBONO	FL: 1 / 1
CODIGO DA PEÇA	QUANT.	OBSERVAÇÕES	
A60012-009A	01		
/			
ITENS VERIFICADOS:			
X Comprimento X Largura X Esquadro X Espessura X Flecha / paralelismo			
* Os desvios encontrados estão de acordo com as tolerâncias de projeto e o Plano de Medidas e Tolerâncias.			
INSTRUMENTOS:			
LAUDO:			
APROVADO (X)		REPROVADO ()	EXAME COMPLEMENTAR ()
RNC N: n/a			
INSPEÇÃO DIMENSIONAL	VERIFICAÇÃO	CLIENTE	
Valdeci A. ... Inspeção Dimensional N.º 18819	Wágner ... Controle da Qualidade		
DATA: 14/05/2012	DATA: 14/05/12	DATA: / /	

ANEXO D – Relatório de ensaio por ultrassom

		RELATÓRIO DE ENSAIO POR ULTRA-SOM (REUS) (Report of rehearsal for ultrasound)													
Cliente: METASA S.A Indústria Metalúrgica		Número: 01		Formulário(Form): RQ-MM-8.4.2-05											
Projeto: UPF		PIT (Inspection and Testing Plan): PIT-MC-03		Data Inspeção: 20/4/2012											
		Norma de Referência: AWS D1.1		Revisão:											
		Procedimento de Ensaio Nº: MTS-US-001		Etapa: A1											
		Espessura do Material: 5 - 7 mm		Processo de soldagem: FCAW											
		Equipamento utilizado: USM35		Transdutor: MWB70N4											
		Resultado final - Laudo: APROVADO													
Sequência, Nº (line number)	Indicação Nº (indication number)	Ângulo do Transdutor (Transducer angle)	Fases do Ensaio (from face)	Pulo "I, II ou III" (Log)	Decibéis				Comprimento (Length)	Distância Angular "Percurso Sônico" (Angular distance "sound path")	Profundidade da Superfície "A" (Depth from "A" surface)	Distância (Distance)		Avaliação da Descontinuidade (Discontinuity evaluation)	Observação (Remarks)
					Nível de Indicação (Indication level)	Nível de Referência (Reference level)	Fator de Atenuação (Attenuation factor)	Nível de descontinuidade (Indication rating)				de X (from X)	de Y (from Y)		
01					NI	GR	FA	ND							
02															
03															
04															
05															
06															
07															
08															
Notas A600-12005A - A600-12002A - A600-12004A - A600-12002B - A600-12003B - A600-12007A - A600-12007B - A600-12007C - A600-12004B A600-12003A - A600-12004C - A600-12008A - A600-12008B - A600-12008C - A600-12006A - A600-12006B - A600-12006C															
 <p>Legenda (Legend) - Resultado (Result)</p> <p>A - Aprovado (Approved); R - Reprovado (Reproved); RE - Retrabalhar (To Repair); REC - Recomendado Exame Complementar (Complementary Test Recommended)</p>															
Certificamos que as declarações do presente relatório estão corretas e que as soldas foram preparadas e testadas de acordo com os requisitos da seção 6, parte F da Norma AWS D1.1/D1.1M:2006. Este formulário aplica-se à seção 2, partes B ou C "estruturas com carregamento estático ou cíclico", somente. (We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and the welds were prepared and tested in conformance with the requirements of Section 6, part F of AWS D1.1/D1.1M:2006. This form is applicable to Section 2, parts B or C "Statically and Cyclically Loaded Non-tubular Structures" only)		Inspetor (Inspector)  Alfrado Bernardo Dias Filho SNQC/END - 0495 LP-N2-G PM-N2-S-ES-Y US-N2-S3/S4			Gerência da Qualidade (Quality Manager)  Wagner Zanin Controle de Qualidade			Cliente (Client)							
Data (Date): 25 / 04 / 2012		Data (Date): 30 / 04 / 12			Data (Date): / /										

ANEXO E – Relatório de ensaio por ultra som

		RELATÓRIO DE ENSAIO POR ULTRA-SOM (REUS) (Report of rehearsal for ultrasound)													
Cliente: (Client) METASA S.A Indústria Metalúrgica		Número: (Number) 02		Formulário(Form): RQ-MM-8.4.2-05											
Projeto: UPF		PIT (Inspection and Testing Plan): PIT-MC-03		Data Inspeção: (Inspection date) 14/5/2012											
		Norma de Referência: (Reference Norm) AWS D1.1		Revisão: (Revision)											
		Procedimento de Ensaio Nº: (Testing Procedure) MTS-US-001		Etapa: (Stage) A1											
		Espessura do Material: (Material thickness) 5 - 7 mm		Processo de soldagem: (Welding process) FCAW											
		Equipamento utilizado: (Used equipment) USM35		Transdutor (Transducers) MWB70N4											
		Resultado final - Laudo: (Final result - decision) APROVADO													
Sequência Nº (line number)	Indicação Nº (indication number)	Ângulo do Transdutor (Transducer angle)	Faces do Ensaio (from face)	Pulo "I, II ou III" (Leg)	Decibéis				Descontinuidades				Avaliação da Descontinuidade (Discontinuity evaluation)	Observação (Remarks)	
					Nível da Indicação (Indication level)	Nível de Referência (Reference level)	Fator de Atenuação (Attenuation factor)	Nível de descontinuidade (Indication rating)	Comprimento (Length)	Distância Angular "Percorso Sonico" (Angular distance "sound path")	Profundidade da Superfície "A" (Depth from "A" surface)	Distância (Distance)			
					NI (a)	GR (b)	FA (c)	ND (d)				de X (from X)			de Y (from Y)
01															
02															
03															
04															
05															
06															
07															
08															
Notas A600-12009A															
															
Legenda (Legend) - Resultado (Result) A - Aprovado (Approved); R - Reprovado (Reproved); RE - Retrabalhar (To Repair); REC - Recomendado Exame Complementar (Complementary Test Recommended)															
															
Certificamos que as declarações do presente relatório estão corretas e que as soldas foram preparadas e testadas de acordo com os requisitos da seção 6, parte F da Norma AWS D1.1/D1.1M:2005. Este formulário aplica-se à seção 2, partes B ou C "estruturas com carregamento estático ou cíclico", somente. (We, the undersigned, certify that the statements in this record are correct and the welds were prepared and tested in conformance with the requirements of Section 6, part F of AWS D1.1/D1.1M:2006. This form is applicable to Section 2, parts B or C "Statically and Cyclically Loaded Nonstabilized Structures" only)		Inspetor (Inspector)  Alfredo Bernardo Dias Filho SNOG/END - 0495 PA-M2-S-EN-US-M2-S3/S4		Gerência da Qualidade (Quality Manager)  Wagner Vanin Controle da Qualidade				Cliente (Client)							
Data (Date): 14/05/12		Data (Date): 14/05/12				Data (Date): / /									

ANEXO F - Relatório de ensaio por partícula magnética

METASA[®]Registro de Inspeção
de Partícula Magnética

RQ-MM-8.4.2-10

Cliente: METASA S.A. Indústria Metalúrgica.			Data da Inspeção: 20/04/2012		
Projeto: UPF			Etapa: A2	Nº: 01	
Procedimento de inspeção / Rev: PQ-MC-40			Norma da Referência: AWS D1.1		
CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS INSPECIONADOS					
Denominação: Solda de filete			Material: AÇO CARBONO		
Espessura: Conforme Projeto			Quantidade: Conforme Código das Peças		
MARCAS E TIPOS DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS					
Tipo de Instrumento	<input checked="" type="checkbox"/> Yoke	Método de Inspeção	<input checked="" type="checkbox"/> Via Úmida	Tipo de PM	<input type="checkbox"/> Fluorescente
	<input type="checkbox"/> Eletrodo		<input type="checkbox"/> Via Seca		<input checked="" type="checkbox"/> Colorido
Aparelhagem: Fabricante / Modelo YOKE-Y6			Tinta de Contraste: Fabricante / Lote C-104/12571		
Part. Magnética: Fabricante / Lote RW222/12119			Aditivo: conc. (m/l) / Fabricante / Lote BC502/12534		
Concentração(g/l):			Decantação(ml/100ml):		
REGISTRO DOS RESULTADOS					
Descontinuidades Tipo / Posição / Dimensões		Laudo	Codigo das Peças		
01	A60012-002A	AP			
02	A60012-002B	AP			
03	A60012-002C	AP			
04	A60012-003A	AP			
05	A60012-003B	AP			
06	A60012-003C	AP			
07	A60012-004A	AP			
08	A60012-004B	AP			
09	A60012-004C	AP			
10	A60012-005A	AP			
11	A60012-005B	AP			
12	A60012-005C	AP			
13	A60012-006A	AP			
14	A60012-006B	AP			
15	A60012-007A	AP			
16	A60012-007B	AP			
17	A60012-007C	AP			
18	A60012-008A	AP			
19	A60012-008B	AP			
20	A60012-008C	AP			
Legenda	PO – Poro	TL – Trinca Long	REC – Rec. Exame Compl.	AP – Aprovado	MO – Mordedura
	TR - Trinca	TT – Trinca Transv.	REP - Reprovado	IA – Ind. Arredondada	IL – Ind. Linear
Inspetor: SIDNEI DE QUEIROZ Inspetor PM N2-S-Y SNQC - 10501		Verificador: <i>Wagner Marin</i> Controle de Qualidade 14-05-12		Cliente:	

ANEXO G - Relatório de ensaio por partícula magnética


 Registro de Inspeção
 de Partícula Magnética

RQ-MM-8.4.2-10

Cliente: METASA S.A. Indústria Metalúrgica.		Data da Inspeção: 14/05/2012			
Projeto: UPF		Etapa: A2	Nº: 02		
Procedimento de inspeção / Rev: PQ-MC-40		Norma da Referencia: AWS D1.1			
CARACTERISTICAS DOS ELEMENTOS INSPECIONADOS					
Denominação: Solda de filete		Material: AÇO CARBONO			
Espessura: Conforme Projeto		Quantidade: Conforme Código das Peças			
MARCAS E TIPOS DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS					
Tipo de Instrumento	<input checked="" type="checkbox"/> Yoke	Método de Inspeção	<input checked="" type="checkbox"/> Via Úmida		
	<input type="checkbox"/> Eletrodo		<input type="checkbox"/> Via Seca		
		Tipo de PM	<input type="checkbox"/> Fluorescente		
			<input checked="" type="checkbox"/> Colorido		
Ararelhagem: Fabricante / Modelo YOKE-Y6		Tinta de Contraste: Fabricante / Lote C-104/12571			
Part. Magnética: Fabricante / Lote RW222/12119		Aditivo: conc. (ml/l) / Fabricante / Lote / BC502/12534			
Concentração(g/l):		Decantação(ml/100ml):			
REGISTRO DOS RESULTADOS					
Descontinuidades Tipo / Posição / Dimensões		Laudo	Código das Peças		
01	A60012-009A	AP			
02					
03					
04					
05					
06					
07					
08					
09					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
Legenda	PO – Poro	TL – Trinca Long	REC – Rec. Exame Compl.	AP – Aprovado	MO – Mordedura
	TR - Trinca	TT – Trinca Transv.	REP - Reprovado	IA – Ind. Arredondada	IL – Ind. Linear
Inspetor: SIDNEI DE QUEIROZ Inspetor PM N2 S-Y SNQC - 10501		Verificador: <i>Wagner</i> Wagner Controlador de Qualidade 14-05-12		Cliente:	

ANEXO H – Certificação de Qualificação do soldador .



METASA		REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE		RQS Nº: 002/2010	
		SOLDADOR		DATA: 09/09/10	
				FOLHA:1/1	
Empreendimento: Soldagem de Estruturas Metálicas			Norma de referência: AWS D1.1/D1.1M:2010		
Nome do Soldador: Ademir Cardoso			Sínete: 181	EPS nº: PO.MM-7.5.2-161	
VARIÁVEIS		REGISTRO DO TESTE		FAIXA DE QUALIFICAÇÃO	
Processos de soldagem: Tipo de equipamento: Eletrodo simples ou múltiplo: Corrente e polaridade:		FCAW SEMI-AUTOMATICO SIMPLES CONTÍNUA-POSITIVA (CC+)		FCAW SEMI-AUTOMATICO SIMPLES CONTÍNUA-POSITIVA (CC+)	
Posição: Progressão da soldagem:		Vertical 3G Ascendente		Plana, Horizontal e Vertical Ascendente	
Cobre-Junta (Metal, metal de solda):		() Com (X) Sem () NA		(X) Com (X) Sem () NA	
Especificação do material de base:		ASTM A 572 Grupo II da Tabela 3.1		Todos materiais da tabela 3.1	
METAL DE BASE					
Faixa de espessura para chapas:		Solda em chanfro: 25mm Solda de filete: N/A		Solda em chanfro: > 3.2mm a ilimitada Solda de filete: > 3.2 mm a ilimitada	
Faixa de espessura para tubos:		Solda em chanfro: Solda NA de filete: NA		Solda em chanfro: > 3.2mm a ilimitada Solda de filete: > 3.2 mm a ilimitada	
Faixa de diâmetros:		Solda em chanfro: NA Solda de filete: NA		Solda em chanfro: > 600mm Solda de filete: > 600mm	
METAL DE ADIÇÃO		Especificação: AWS 5.20 Classificação: E 71T1 Grupo F nº: N/A Diâmetro: 1,2mm Marca comercial: BTS AR 5		Especificação: AWS A 5.20 Classificação: E 71T1 Grupo F nº: N/A Diâmetro: 1,2mm Marca comercial: BTS AR 5	
PROTEÇÃO		Tipo de gás: 100% Co2 Gás de purga: NA Tipo de fluxo: NA Modo de transferência: N/A		Tipo de gás: 100%Co2 Gás de purga: NA Tipo de fluxo: NA Modo de transferência: N/A	
ENSAIOS E TESTES					
ENSAIOS	RESULTADOS	RELATÓRIO	TESTES	RESULTADOS	RELATÓRIO
Visual	Aprovado	RAQS 001/10	Dobramento	Aprovado	001/10
Radiografia	N/A	N/A	Tração	NA	NA
Macrografia	NA	NA	Fratura	N/A	N/A
Ultra-Som	NA	NA	Outros	NA	NA
OBSERVAÇÕES:					
Certificamos que as informações deste relatório estão corretas e que as chapas de testes foram preparadas, soldadas e testadas de acordo com os requisitos estabelecidos na secção 4 parte C da norma AWS D1.1/D1.1M:2010.					
INSPETOR DE SOLDAGEM <i>Paulo Sérgio L. Pereira</i> Téc. em Soldagem Nível 2 EPS nº 18-0770-112 09/09/10		CONTROLE DA QUALIDADE METASA <i>Thales R. de Lima</i> Controle de Qualidade		CLIENTE / FISCALIZAÇÃO	

ANEXO I – Procedimentos de soldagem .

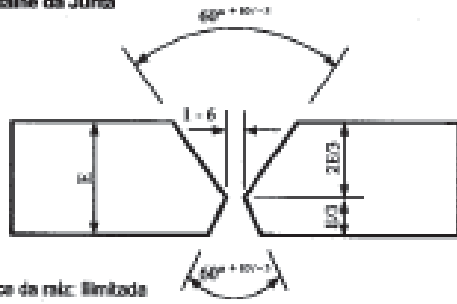
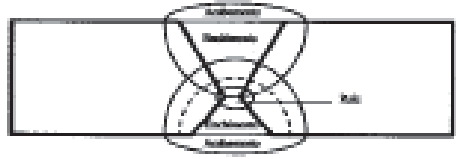


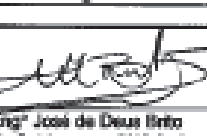
METASAPROCEDIMENTO OPERACIONAL
Especificação de Procedimento de SoldagemPO-MM-7.5.2-185
Data: 03/06/2008
Rev- 1Tarefa: Executar Solda em Processo FCAW Plana – Material Não Patinável
Executante: Soldadores

HISTÓRICO DAS REVISÕES

REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO DAS ALTERAÇÕES
00	04/05/2007	EMISSÃO INICIAL
1	03/06/2008	Atendimento aos comentários do Cliente

DATA: <u>03, 06, 2008</u>	DATA: <u>03, 06, 2008</u>
APROVADO POR: Inspeção de Soldagem	VERIFICADO POR: Qualidade do Produto
 ISO 20712/EN 437243	


ANEXO J – Especificações da soldagem .

METASA		ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				EPS: <u>PO-MM-7.5.2-166</u>	
						Data: <u>03 / 06 / 06</u>	
						Folha: <u>2 / 2</u>	
						Revisão: <u>1</u>	
Processo: <u>PCAW</u>		Tipo: <u>Semi-automático</u>		ROPS de cobertura: <u>PO-MM-7.5.2-102</u>			
Detalhe da Junta 				Seqüência de Passes 			
METAIS DE BASE Especificação do material: _____ Tipo ou Grau: _____ Grupo Nº.: <u>II x II, II x I, I x I</u> Faixa de espessura, mm: <u>≥ 3</u> Diâmetro do tubo, mm: <u>≥ 600</u> Outros: <u>NA</u>				CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS Modo de transferência: <u>NA</u> Tipo de corrente: <u>Contínua</u> Polaridade: <u>Inversa</u> Eletrodo de Tungstênio: <u>NA</u> Ø do eletrodo de Tungstênio: <u>NA</u> Energia de soldagem, kcal: _____ Outros: <u>Tensão Constante</u>			
METAIS DE ADIÇÃO Especificação AWS: <u>A5.20</u> Classificação AWS: <u>E71T-1</u> F.NP.: <u>NA</u> Marca comercial: <u>Boehler AWS 5</u> Outros: <u>NA</u>				TÉCNICA Passe retilíneo ou oscilado: <u>Retilíneo / Oscilado</u> Passe simples ou múltiplo: <u>Múltiplo</u> Número de eletrodos: <u>1</u> Espaçamento entre eletrodos: Longitudinal: <u>NA</u> Lateral: <u>NA</u> Ângulo: <u>NA</u> Distância bico-peça: <u>20 – 40 mm</u> Marreamento: <u>NA</u> Limpeza inicial: <u>Esmerilhamento</u> Limpeza entre passes: <u>Remoção de escória</u> Método de goivagem: <u>Esmerilhamento</u> Outros: <u>NA</u>			
PROTEÇÃO Classificação eletrodo-fluxo: <u>NA</u> Marca comercial do fluxo: <u>NA</u> Gás de proteção: <u>CO₂</u> Composição: <u>100%</u> Vazão: <u>18 – 33 l/min</u> Ø do bocal: <u>13 mm</u> Outros: <u>NA</u>				TRATAMENTO TÉRMICO Razão de aquecimento: <u>NA</u> Temperatura de patamar: <u>NA</u> Tempo de patamar: <u>NA</u> Razão de resfriamento: <u>NA</u> Outros: <u>NA</u>			
PRÉ-AQUECIMENTO Temperatura de pré-aquecimento, mínima: <u>20°C</u> Temperatura de interpasso, mínima: <u>20°C</u> Temperatura de interpasso, máxima: <u>250°C</u>				POSIÇÃO Posição de soldagem em chanfro: <u>Plana</u> Posição de soldagem em ângulo: <u>Plana</u> Projeção: <u>NA</u>			
PARÂMETROS DE SOLDAGEM							
Passe / Camada	Processo	Consumíveis		Corrente		Tensão (V)	Velocidade (cm/min)
		Classificação AWS	Ø (mm)	Tipo	(A)		
Raiz	PCAW	E71T-1	1,20	CCEP	150 – 180	20 – 22	17 – 29
Enchimento	PCAW	E71T-1	1,20	CCEP	230 – 280	26 – 30	26 – 46
Acabamento	PCAW	E71T-1	1,20	CCEP	200 – 240	23 – 27	35 – 58
EPS Elaborada de acordo com os requisitos da Seção 4 da AWS D1.1/D1.1M: 2006 – Structural Welding Code							
 METASA S.A.		 Engº Ricardo CANNOC-36 Nº 04370394		 Engº José de Deus Brito Inspetor de Soldagem – SNOQ 150207N2			

ANEXO L – Qualificação e procedimentos da soldagem

METASA	REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM				RQPS: <u>PO-MM-7.5.2-165</u>		
					Data: <u>04 / 05 / 07</u>		
					Folha: <u>1 / 3</u>		
Processo: <u>FGAW</u>	Tipo: <u>Semi-automático</u>	EPS: <u>PO-MM-7.5.2-165</u>					
<p>Detalhe da Junta</p>							
METAIS DE BASE Especificação do material: <u>ASTM A 36</u> Tipo ou Grau: <u>NA</u> Grupo F#: <u>II</u> Espessura da peça teste: <u>25,0 mm</u> Diâmetro do tubo: <u>NA</u> Outros: <u>NA</u>			CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS Modo de transferência: <u>NA</u> Tipo de corrente: <u>Contínua</u> Polaridade: <u>Inversa</u> Eletrodo de Tungstênio: <u>NA</u> Ø do eletrodo de Tungstênio: <u>NA</u> Energia de soldagem, máx.: <u>-</u> Outros: <u>Tensão Constante</u>				
METAIS DE ADIÇÃO Especificação AWS: <u>A5.20</u> Classificação AWS: <u>E71T-1</u> F-Nº: <u>NA</u> Marca comercial: <u>Boehler AWS 5</u> Outros: <u>NA</u>			TÉCNICA Passo reto ou oscilado: <u>Retilíneo</u> Passo simples ou múltiplo: <u>Múltiplo</u> Número de eletrodos: <u>1</u> Espaçamento entre eletrodos: Longitudinal: <u>NA</u> Lateral: <u>NA</u> Ângulo: <u>NA</u> Distância bico-peça: <u>= 30 mm</u> Martelamento: <u>NA</u> Limpeza inicial: <u>Esmerilhamento</u> Limpeza entre passes: <u>Remoção de escória</u> Método de golpagem: <u>Esmerilhamento</u> Outros: <u>NA</u>				
PROTEÇÃO Classificação eletrodo-fluxo: <u>NA</u> Marca comercial do fluxo: <u>NA</u> Gás de proteção: <u>CO₂</u> Composição: <u>100%</u> Vazão: <u>22 l/min</u> Ø do bocal: <u>18 mm</u> Outros: <u>NA</u>			TRATAMENTO TÉRMICO Razão de aquecimento: <u>NA</u> Temperatura de patamar: <u>NA</u> Tempo de patamar: <u>NA</u> Razão de resfriamento: <u>NA</u> Outros: <u>NA</u>				
PRÉ-AQUECIMENTO Temperatura de pré-aquecimento, mínima: <u>20°C</u> Temperatura de interpassa, mínima: <u>20°C</u> Temperatura de interpassa, máxima: <u>180°C</u>			OBSERVAÇÕES <u>NA</u>				
POSIÇÃO Posição de soldagem em chanfro: <u>1G</u> Posição de soldagem em ângulo: <u>NA</u> Progressão: <u>NA</u>							
PARÂMETROS DE SOLDAGEM							
Passo	Processo	Consumíveis		Corrente		Tensão (V)	Velocidade (cm/min)
		Marca Comercial	Ø (mm)	Tipo	(A)		
VER FOLHA 2 / 3							
 METASA S.A.		Valdeirino L. Maciel CAVIURC1-85 Nº 70884 Valdeirino Maciel CAVIURC1-85 Nº 04070884			 Eng.º José de Deus Brito Inspetor de Soldagem – SHQC 830207N2		

ANEXO M - Qualificação e procedimentos da soldagem



REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM

ROPS: PO-MM-7.5.3-166
 Data: 04 / 05 / 07
 Folha: 3 / 3

EXAME VISUAL (4.3.1)

Aspecto: _____	Aceitável	Porosidade: _____	Isento
Mordedura: _____	Isento	Convexidade: _____	-
Data do exame: _____	28 / 03 / 07	Examinado por: _____	Valdelino Maculan - CAWQCC-96 Nº 04070604

ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Partículas Magnéticas: _____	Relatório: _____	Laudo: _____
Ultra-som: _____	Relatório: _____	Laudo: _____
		001/07
		Aprovado

ENSAIO DE TRACÇÃO

Preparação: Figura 4.14		Método de ensaio: Item 4.8.3.4			Critério de aceitação: 4.8.3.5	
Identificação	Comprimento (mm)	Espessura (mm)	Área (mm²)	Carga de ruptura (N)	Tensão (MPa)	Local da ruptura
T1	26,1	20,2	507,0	288.540	528	Metá Base
T2	26,0	20,3	507,5	288.510	529	Metá Base
Relatório nº: 2057/07			Laboratório: PROAGT			

ENSAIO DE DOBRAMENTO

Preparação: Figura 4.13		Método de ensaio: Item 4.8.3.1			Critério de aceitação: 4.8.3.3	
Identificação	Dimensões (mm)	Coteço (mm)	Distância dos roletes (mm)	Ângulo	Resultado	
DL 1	10 x 25 x 200	28,1	60,3	180°	Isento de descontinuidades	
DL 2	10 x 25 x 200	28,1	60,3	180°	Isento de descontinuidades	
DL 3	10 x 25 x 200	28,1	60,3	180°	Isento de descontinuidades	
DL 4	10 x 25 x 200	28,1	60,3	180°	Isento de descontinuidades	
Relatório nº: 2057/07			Laboratório: PROAGT			

ENSAIO DE IMPACTO

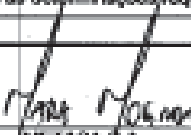


Preparação: _____	Método de ensaio: _____	Critério de aceitação: _____																																																																																																
Tipo: _____	Temperatura: _____	Unidade: _____																																																																																																
Dimensões: _____																																																																																																		
Localização do entalhe / Energia absorvida																																																																																																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">-</th> <th colspan="2">-</th> <th colspan="2">-</th> <th colspan="2">-</th> <th colspan="2">-</th> <th colspan="2">-</th> <th colspan="2">-</th> <th colspan="2">-</th> </tr> <tr> <th>Nº</th><th>Valor</th> <th>Nº</th><th>Valor</th> <th>Nº</th><th>Valor</th> <th>Nº</th><th>Valor</th> <th>Nº</th><th>Valor</th> <th>Nº</th><th>Valor</th> <th>Nº</th><th>Valor</th> <th>Nº</th><th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> </tr> <tr> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> <td>-</td><td>-</td> </tr> </tbody> </table>			-		-		-		-		-		-		-		-		Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-		-		-		-		-		-		-		-																																																																																				
Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor	Nº	Valor																																																																																			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																			
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-																																																																																			
Relatório nº: _____																																																																																																		
Laboratório: _____																																																																																																		

ENSAIO MACROGRÁFICO (PARA SOLDA EM ÂNGULO)

	DIMENSÃO DO FILETE (PASSE ÚNICO)			DIMENSÃO DO FILETE (MULTIPASSE)		
	Macro 1	Macro 2	Macro 3	Macro 1	Macro 2	Macro 3
ALMA	-	-	-	ALMA	-	-
ADA	-	-	-	ADA	-	-
Fusão na raíz	-	-	-	Fusão na raíz	-	-
Relatório nº: _____			Laboratório: _____			

Soldador: _____	Leocir F. Gólo	Chapa: _____	Símbolo: _____	456
-----------------	----------------	--------------	----------------	-----

Certificamos que as declarações neste Registro são corretas e que os testes das soldas foram preparados, soldados e testados conforme as determinações requeridas pela seção 4 do código AWS-D11/D1.1M: 2005 Structural Welding Code Steel.

 Valdelino Maculan CAWQCC-96 Nº 04070604	 Valdelino Maculan CAWQCC-96 Nº 04070604	 Engº José de Deus Brito Inspetor de Soldagem - SNGC 18320762
---	---	---

ANEXO N – Qualificação e procedimentos da soldagem

METASA	REGISTRO DE QUALIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTO DE SOLDAGEM	RQPS: <u>PO-MM-7.5.2-168</u> Data: <u>04 / 05 / 07</u> Folha: <u>2 / 3</u>
---------------	---	--

Sequência de Passos

L=8

Passo	Processo	Consumíveis		Corrente		Tensão (V)	Velocidade (cm/min)
		Marca Comercial	\varnothing (mm)	Tipo	(A)		
1	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	185	21	23
2	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	255	28	42
3	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	255	28	31
4	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	255	28	43
5	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	255	28	40
6	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	220	25	40
7	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	220	25	40
8	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	220	25	40
9	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	255	28	41
10	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	255	28	30
11	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	255	28	30
12	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	220	25	48
13	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	220	25	53
14	FGAW	Boehler ARS 5	1,20	CCEP	220	25	57
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-

 METASA S.A.	 Valdeir L. Maculan CANNOC 08 Valdeir Maculan CANNOC Nº 04370524	 Engº José de Deus Brito Inspetor de Soldagem – SNGC ISO20782
-----------------	--	---



UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO

Ensaio de Tração

NOME DO ARQUIVO: Não definido		DATA DO ENSAIO: 22/06/2012 14:32:08	
OPDFI: Derli	PRODUTO: Aço Sem Solda	NORMA: -ASTM E8M	
DI: 02	AMOSTRA: 22.06.12.	ESPESSURA: 7,1	
USA: 86,62 mm²	TIPO DE SEÇÃO: Retangular	DIMENSÃO: 12,20 X 7,10 mm	
CARGA MÁXIMA: 42915,09 N	TENSÃO MÁXIMA: 495,44 N/mm²	CARGA DE ESCOAMENTO: 33787,66 N	TENSÃO DE ESCOAMENTO: 390,068 N/mm²
COMPRIMENTO INICIAL LE: 87,50 mm	COMPRIMENTO FINAL: 109,50 mm	ALONGAMENTO FINAL: 25,14 %	MÓDULO DE TORÇÃO: 0,00 Kg
ALONGAMENTO ELÁSTICO: 7,90 %	RAZÃO ELÁSTICA: 1,270	TEMPERATURA: - - - °C	ESTRIBOÇÃO: 68,483 %

