



FACULDADE HORIZONTINA

RENATO LUÍS BIALAS

**INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE MARCAÇÃO DE CHAPAS SOBRE O
POSICIONAMENTO DE CORDÕES INTERMITENTES NO PROCESSO DE
SOLDAGEM MAG MANUAL**

HORIZONTINA-RS

2016

FACULDADE HORIZONTINA
Curso de Engenharia de Produção

RENATO LUÍS BIALAS

**INFLUÊNCIA DOS MÉTODOS DE MARCAÇÃO DE CHAPAS SOBRE O
POSICIONAMENTO DE CORDÕES INTERMITENTES NO PROCESSO DE
SOLDAGEM MAG MANUAL**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, pelo Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Rafael Luciano Dalcin, Mestre.

HORIZONTINA-RS

2016



**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Influência dos métodos de marcação de chapas sobre o posicionamento de cordões intermitentes no processo de soldagem MAG manual”

Elaborada por:

Renato Luís Bialas

**Aprovado em: 04/11/2016
Pela Comissão Examinadora**

**Mestre. Rafael Luciano Dalcin
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Mestre. Luis Carlos Wachholz
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Mestre. Francine Centenaro
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Horizontina-RS
2016**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais Hilda e Leonardo Bialas, aos irmãos Evonir, Airton e Glademir por todos terem dado muita força e motivação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por toda força, saúde e vontade, para que eu conseguir concretizar o sonho de ser Engenheiro.

Aos meus pais um agradecimento imensurável, por todos os valores, ensinamentos, incentivos e motivação nos momentos de dificuldades, e por sempre comemorar junto, a cada vitória conquistada nesta caminhada.

Agradeço também aos meus irmãos, por todas as dicas e compartilhamento de suas experiências vividas na área da Engenharia, para que assim possibilitaria um aprendizado com um embasamento prático.

Aos meus amigos, pelas várias horas que passamos juntos estudando e realizando tarefas, não só durante os horários de aula, mas sim, passando inúmeras ocasiões elaborando relatórios em finais de semana.

Ao meu orientador Rafael Luciano Dalcin, pelo auxílio nos momentos de dificuldades, e por propor ideias para eu poder alcançar a excelência nas metodologias aplicadas durante o andamento do meu experimento.

“O sucesso pessoal e empresarial é dependente da motivação, sem ela não existem vontades e desafios, o que torna a conquista algo difícil de ser alcançado” (Izzo Rocha).

RESUMO

É crescente a procura por produtos com alta qualidade no mercado, porém, nem sempre os produtos são encontrados no exato padrão que os consumidores desejam. Portanto, não basta que as empresas pratiquem um ótimo preço por seus produtos e deixar a qualidade em segundo plano, pois isso acaba denigrando a imagem da marca e fazendo com que a mesma perca a participação no mercado. Efetuando a análise crítica de conjuntos soldados, verifica-se que a deposição dos cordões de solda no processo de soldagem manual na maioria dos casos, não é realizada de forma precisa, conseqüentemente, podem surgir vários problemas nos conjuntos soldados, bem como, desperdícios na soldagem. Este estudo experimental tem como objetivo realizar diversos métodos de marcações em chapas, para facilitar o posicionamento de cordões de solda intermitentes e reduzir os excessos no comprimento dos cordões de solda, para que assim, possa haver um processo de soldagem com baixos índices de defeitos relacionados a aplicação de cordões, reduzir gastos com consumíveis para soldagem, e também, possibilitar o aumento da produtividade. Desta forma, este estudo foi conduzido através do uso de três métodos distintos para auxiliar na deposição dos cordões de solda (posição plana). Inicialmente os cordões de solda foram depositados em uma chapa lisa sem nenhuma marcação, em seguida, realizou-se a mesma operação, porém com chapa marcada indicando o posicionamento dos cordões, e para finalizar, o mesmo método foi aplicado em chapas com recortes. Um total de 180 cordões foram realizados, sendo 60 cordões para cada método distinto. Comparando-se os três métodos, verificou-se que aqueles cordões de solda depositados na chapa com marcação e na chapa com recorte, respectivamente apresentaram ganhos significativos em relação ao método sem nenhuma marcação, pois nestes métodos foi possível depositar os cordões de solda de acordo com as dimensões especificadas no desenho. Por sua vez, se analisar o custo para fazer o corte e a marcação das chapas, os métodos acabam tornando-se inviáveis financeiramente em relação ao método sem nenhuma marcação.

Palavras-chave: Corte laser. Método de marcação de chapas. Processo de soldagem MAG manual. Cordões intermitentes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquemática do processo de soldagem MAG.	14
Figura 2 – Chapas posicionadas para a soldagem.	26
Figura 3 – Fonte utilizada na soldagem.	26
Figura 4 – Métodos para facilitar o posicionamento dos cordões de solda: (a) Com marcação; (b) Com recorte.	28
Figura 5 – Tamanho dos cordões de solda resultante em cada método distinto de marcação.....	30
Figura 6 – Dimensão nominal dos cordões e suas variações.	31
Figura 7 – Custos envolvidos para corte, marcação e solda.	33
Figura 8 – Excesso de solda e custo em cada método analisado.	34
Figura 9 – Custo de fabricação x redução de custo por excesso de solda.	35
Figura 10 – Tempo de soldagem em cada método.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição Química do aço ASTM A36.	25
Tabela 2 - Características mecânicas do aço ASTM A36.	25
Tabela 3 - Composição química do arame maciço AWS ER70S-6.	27
Tabela 4 - Propriedades mecânicas do arame maciço AWS ER70S-6.	27
Tabela 5 - Parâmetros de soldagem utilizados no processo de solda.	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	TEMA.....	11
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA.....	12
1.4	JUSTIFICATIVA.....	12
1.5	OBJETIVO GERAL.....	12
1.6	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1	PROCESSO DE SOLDAGEM MAG.....	14
2.1.1	Histórico.....	15
2.1.2	Vantagens, desvantagens e aplicações.....	16
2.1.3	Produtividade na soldagem.....	16
2.2	CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO NA SOLDAGEM.....	17
2.2.1	Controles do processo de soldagem.....	17
2.2.2	Especificações sobre dimensões dos cordões de solda.....	19
2.2.3	Qualidade nos processos de soldagem.....	19
2.3	MARCAÇÕES DE CHAPAS POR LASER.....	21
2.3.1	Método de marcação.....	21
2.3.2	Método com recortes.....	22
2.4	CUSTOS ENVOLVIDOS NO CORTE E SOLDAGEM DE CHAPAS.....	23
3	METODOLOGIA.....	25
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.2	MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS.....	27
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	30
4.1	ANÁLISE DOS CORDÕES DE SOLDA.....	30
4.2	ANÁLISE DOS CUSTOS ENVOLVIDOS EM CADA MÉTODO.....	32
4.3	ANÁLISE DOS TEMPOS DE SOLDAGEM.....	36
4.4	DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS.....	38
	CONCLUSÃO.....	39
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, a constante busca dos clientes por produtos com alta qualidade, faz com que as empresas desenvolvam novas metodologias para agilizar e gerar produtos com qualidade excepcional. Além do mais, a qualidade torna-se um fator de concorrência, alinhado a preços satisfatórios, as empresas buscam uma fatia de mercado maior.

Efetuada a análise crítica de conjuntos soldados manualmente, é notável que os cordões de solda intermitentes na maioria dos casos, não são depositados no local correto, além de normalmente possuírem medida muito superior à especificada no desenho. Deste modo, podem surgir vários problemas no conjunto soldado. Além disso, os termos qualidade, produtividade e redução de custo, possuem mais restrições para fazer com que os projetos se tornem viáveis. Assim, é necessário buscar novos métodos para estudar e implementar nas indústrias.

O presente trabalho foi desenvolvido com a finalidade de identificar a possibilidade de um aumento na qualidade, produtividade e verificar se ocorre a redução de custos no processo de soldagem com a implantação destes métodos. O propósito deste estudo é facilitar a execução de novos projetos, pois uma das principais vantagens é a sua implementação em qualquer empresa que utiliza o processo de soldagem manual.

1.1 TEMA

O tema deste trabalho trata-se de um estudo experimental para encontrar uma maneira de reduzir os excessos de solda nos cordões intermitentes realizados pelo processo MAG manual, para com isso obter-se uma qualidade superior dos conjuntos soldados e reduzir os custos gerados por estes excessos de solda.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A delimitação do tema para este estudo de caso é elaborar e testar três métodos em chapas lisas (sem marcação, com marcação e com recortes), para auxiliar no posicionamento dos cordões no momento da soldagem e reduzir a quantidade dos excessos dos mesmos.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Atualmente as empresas do ramo metal-mecânico que utilizam o processo de soldagem MAG manual enfrentam grandes dificuldades de fazer com que os soldadores depositem os cordões de solda intermitentes de acordo com as medidas estabelecidas no desenho. A partir disso, surge a necessidade de criar um método de marcação e recortes para facilitar a deposição dos cordões de solda no local desejado.

Portanto, com o trabalho em questão, busca-se uma forma de verificar se os métodos de marcação podem influenciar sobre o posicionamento de cordões intermitentes no processo de soldagem manual?

1.4 JUSTIFICATIVA

O presente estudo é constituído pelo propósito de melhorar o projeto de produtos soldados, assim, proporcionar aumento na qualidade e produtividade. Este estudo tem como intuito possibilitar uma considerável melhora na execução de novos projetos, pois uma das principais vantagens é a sua implementação em qualquer empresa que utiliza um processo de soldagem. Além disso, os termos qualidade e produtividade, possuem muitas restrições para tornar-se um projeto viável, necessitando buscar novos métodos para a melhoria dos processos produtivos nas indústrias.

Este estudo possibilitará a todos os Engenheiros de Produção, acrescer mais conhecimentos relacionados a soldagem, e buscar materiais de pesquisa com um foco voltado a melhoria do projeto e agregar mais qualidade aos produtos à serem fabricados.

1.5 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral para este estudo de caso é garantir o posicionamento correto dos cordões de solda (junta a topo) no instante da soldagem, desta maneira garantir produtos com uma qualidade superior, assim, reduzindo os excesso de solda nos cordões.

1.6 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dimensionar as marcações e os recortes;

- Definir quais tipos de juntas vão ser soldados;
- Analisar os ensaios, e verificar a quantidade de excesso de cordões de solda são gerados;
- Analisar os custos para cortar, gerar as marcações e soldar as chapas utilizadas neste estudo de caso;
- Analisar se os métodos à serem estudados vão garantir o posicionamento dos cordões de solda;
- Tirar os tempos de soldagem em cada método e analisá-los, para verificar se os métodos com marcação e com recorte possibilitarão um menor tempo de soldagem;
- Verificar o custo benefício proporcionado pelos métodos de marcação e recortes.

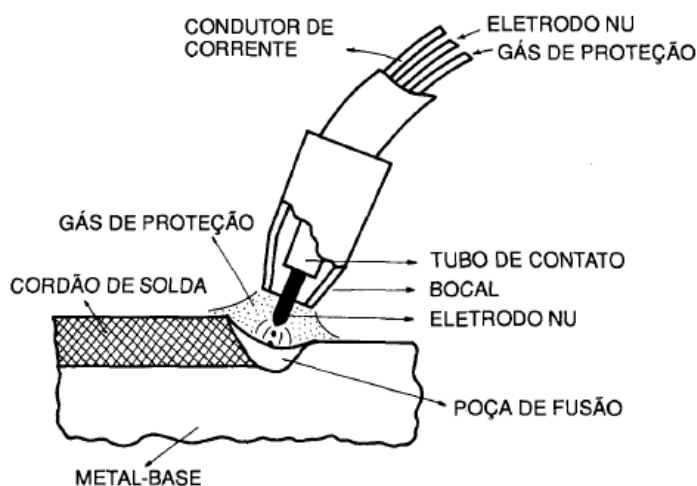
2 REVISÃO DA LITERATURA

Nesta revisão de literatura, serão abordados alguns tópicos, como: o processo de soldagem, produtividade, qualidade, critérios de aceitação na soldagem e alguns custos envolvidos no processo de solda e corte à *laser*.

2.1 PROCESSO DE SOLDAGEM MAG

A soldagem é um processo que objetiva unir duas ou mais peças de composição compatível, assegurando, na junta soldada, a continuidade de propriedades físicas, químicas e metalúrgicas. Esta união é gerada pelo aquecimento até uma determinada temperatura, onde poderá ser aplicada uma pressão e (ou) conter material de adição. A soldagem a arco elétrico engloba um grande número de processos na indústria. Todos estes processos utilizam como fonte de calor para fusão localizada, o arco que consiste em uma descarga elétrica em um meio gasoso parcialmente ionizado, conforme ilustrado na Figura 1 (MODENESI; MARQUES, 2016).

Figura 1 – Esquemática do processo de soldagem MAG.



Fonte: Wainer; Brandi; Mello, 2004.

Durante o processo de soldagem, a quantidade de calor fornecida à junta e a velocidade com que o arco é deslocado ao longo da junta, irão influenciar diretamente nas dimensões e no formato do cordão de solda, desta maneira, estes

fatores tornaram-se determinantes para o controle dos processos de soldagem (MODENESI; MARQUES, 2016).

O processo de soldagem MAG, opera com uma proteção gasosa com um gás dito ativo, onde ele possui uma interação direta com a poça de fusão, para este processo é normalmente utilizado CO₂ – dióxido de Carbono. Para o processo de soldagem é necessário efetuar a escolha correta dos gases de proteção, pois eles incidem diretamente nas características do arco, como na transferência de metal do eletrodo para a peça, nas perdas por projeções, na velocidade de soldagem, na penetração, respingos e o formato do cordão (JUNIOR; RAMALHO, 2016).

2.1.1 Histórico

A utilização da soldagem vem desde os primórdios, onde foram encontrados relatos de confecção de muitos artefatos utilizando recursos de brasagem e forjamento. A partir do surto de desenvolvimento gerado pela Revolução Industrial no século XIX, surgiram vários processos de soldagem, dentre eles o arco elétrico, assim foi possível moldar novos métodos de soldagem, para que possam ser utilizados em diversos ambientes, bem como cada aplicação (INFOSOLDA, 2016).

Com o início da Primeira Guerra Mundial, as técnicas de soldagem começaram a ter maior aplicação nos processos produtivos. Da mesma maneira, a chegada da Segunda Guerra Mundial, impulsionou grandes avanços nas tecnologias adotadas na soldagem, bem como o desenvolvimento e o aprimoramento de processos já existentes (INFOSOLDA, 2016).

Apesar de ter tido uma grande aplicação nas indústrias, a soldagem MAG, somente tornou-se viável após a implementação do gás dióxido de carbono e outras misturas para ser utilizado como gás de proteção, pois anteriormente a este fato, utilizava-se um arame de diâmetro menor e uma fonte de energia com tensão constante, porém exigia um alto custo do gás de proteção, desta forma limitando suas aplicações nas indústrias da época (DBC, 2016).

2.1.2 Vantagens, desvantagens e aplicações

O processo de soldagem MAG possibilita várias vantagens para suas aplicações nas indústrias, como: alta taxa de deposição, versátil quanto ao tipo de material e sua variação de espessuras aplicáveis, inexistência de fluxos de soldagem, outros fatores podem ser, a ausência em possuir a operação de remoção de escória e haver operadores com nível de habilidade maior (CANAN, 2016).

Apesar de ser um processo com inúmeras vantagens, uma das principais limitações neste processo é a maior sensibilidade quanto à variação dos parâmetros elétricos quando o arco de solda estiver aberto, este fator tem influência direta na qualidade do cordão de solda depositado. Além de haver a necessidade de possuir ajustes rigorosos dos parâmetros para concretizar um conjunto de características para solda, essa determinação da obtenção de uma solda adequada é dificultada devido à interdependência destes, e também devido a sua influência direta nas soldas produzidas (JUNIOR; RAMALHO, 2016).

O processo de solda MAG, oferece inúmeras aplicações nas indústrias, como a soldagem de ligas ferrosas e não ferrosas, como por exemplo, a soldagem de carrocerias de veículos, tubulações, etc. Esta vasta aplicação, deriva-se da possibilidade de efetuar a soldagem nas posições plana, horizontal, vertical e em algumas situações sobre cabeça, desta forma é possível efetuar as soldas sem encontrar um alto nível de dificuldade de acesso a peça a ser soldada. Outro ponto preponderante para o processo de solda MAG, quando comparado ao processo de solda Eletrodo, é o custo de obtenção de um equipamento de solda, e a maior necessidade de manutenção (CANAN, 2016).

2.1.3 Produtividade na soldagem

A produtividade é determinada na indústria com recursos humanos, materiais, valores monetários e equipamentos. Ela é definida pela relação do recurso homem-hora, utilizado para a obtenção de um determinado produto. Para o processo de soldagem não é diferente, a produtividade é mensurada pelo tempo total de homem-hora para a execução total de uma junta soldada (MARTINS; FERREIRA; SARAIVA, 2016).

Segundo a AWS D1.1 (2010), a abordagem da produtividade nas empresas, é dependente de como é estabelecido o processo de soldagem. Basicamente a produtividade é a relação de tempo em que um determinado volume de solda é realizado, perante a necessidade da quantidade de mão de obra para a execução deste volume de solda. Para a mão de obra, podem ser discriminados as quantidades necessárias de soldadores, auxiliares e supervisão da área de solda.

2.2 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO NA SOLDAGEM

A engenharia sempre identifica a imperfeição e trabalha com tolerâncias. As imperfeições são todas e quaisquer diferenças em relação com o projeto dos produtos. As imperfeições são inevitáveis, mas podem se tornar aceitáveis, elas somente serão avaliadas como defeitos, caso superarem determinados limites, impostos pelo projeto da peça soldada, que também pode ser definido de critério de aceitação (QUITES, 2016).

A inspeção visual é um método de avaliação incluso em programas de controle de qualidade, onde pode ser realizada facilmente, tornando-se uma técnica com baixo custo, e que normalmente não necessita de equipamentos especiais (LOPES *et al.*, 2016).

A inspeção de juntas soldadas, é um procedimento que deve ocorrer, antes da soldagem, analisando os materiais utilizados, durante a soldagem, controlando a utilização dos materiais e na montagem ou soldagem dos componentes, e após a soldagem, realizando a inspeção dos conjuntos soldados, para que assim, possa garantir principalmente a qualidade e a segurança do conjunto soldado (LOPES *et al.*, 2016).

2.2.1 Controles do processo de soldagem

Para que os produtos finais possam ter a qualidade desejada, é necessário controlar alguns aspectos, para que seja possível obter um processo com boa confiabilidade. O primeiro fator é a especificação do procedimento de soldagem (EPS), que seguem uma norma para cada área de aplicação de indústrias de equipamentos. O segundo é a qualificação do soldador, que é prevaiente para a

soldagem de conjuntos com maior nível de exigência, onde a experiência é um fator decisivo. Para que a qualificação do soldador possa se tornar válida, é necessário que o mesmo realize testes teóricos e também a soldagem de corpos de provas para análises e testes. O terceiro é a aferição dos equipamentos de soldagem, onde é estabelecido na norma AWS D1.1 (2010), que todos os equipamentos de soldagem devem ser aferidos periodicamente, para que sejam garantidos os parâmetros de soldagem durante os procedimentos de soldagem (SILVA, 2016).

Segundo Silva (2016), para que seja possível realizar a soldagem, é necessário ter uma EPS, no qual descreva como a soldagem deverá ser efetuada. Este documento, contém informações detalhadas que devem permitir que qualquer soldador as interprete e possa realizar uma solda de qualidade aceitável. Para conjuntos com mais criticidade, as especificações contidas em uma EPS deverão ser mais detalhadas, para que se obtenha um controle mais rígido do processo.

De acordo com Modenesi (2000), a inspeção periódica de juntas soldadas deve incluir atividades que ocorrem antes, durante e depois de ser efetuada a soldagem do processo produtivo, pois assim, é possível ter a confiabilidade de resultado ótimo. Com a inovação de processos, e a criação de novas matérias primas para soldagem, juntamente com a evolução dos métodos produtivos e exigências dos clientes, acabaram modificando significativamente as exigências com relação a inspeção e certificação de peças e equipamentos soldados.

Segundo Modenesi (2000), a inclusão de procedimentos de inspeção e certificação mais rigorosos, pode ser efetuada em três etapas. A primeira etapa é realizada antes da soldagem, onde é abrangido a fase de criação do projeto, onde ele designa quais serão os materiais a serem utilizados durante o processo de produção, os critérios de aceitação do produto, equipamentos e procedimentos. A segunda etapa, controla durante a efetivação da soldagem, que engloba a utilização e armazenagem dos consumíveis para soldagem, a preparação e execução das juntas. A terceira etapa, controla após a realização da soldagem, onde são realizadas inspeções, que podem ser destrutivas ou não-destrutivas de componentes que são escolhidos pela metodologia de amostragem.

De acordo com a AWS D1.1 (2010), um soldador pode ser qualificado baseado em registros de documentos, em testes para verificar as suas habilidades e capacidade de realizar os devidos procedimentos de acordo como ordena a norma AWS D1.1. Para os testes de aptidão dos soldadores, encontram-se muitas

dificuldades, pois além da necessidade de suas habilidades e do seu conhecimento, ainda influenciam no procedimento, o tipo do material a ser soldado, as dimensões da peça, o desenho do conjunto, as posições de soldagem, os parâmetros de soldagem, etc. Este processo de qualificação de soldadores, deve ocorrer no momento em que eles iniciam o vínculo empregatício com a empresa, após um período pré-estabelecido pela empresa, devem ocorrer as recertificação das qualificações dos soldadores, para que assim seja possível manter uma mão de obra qualificada.

2.2.2 Especificações sobre dimensões dos cordões de solda

De acordo com AWS D1.1 (2010), os tamanhos mínimos de soldas de filete, podem ser determinados de duas maneiras distintas. A primeira, pode ser relacionada para processos que são de baixo nível de hidrogênio, onde o tamanho mínimo especificado, deve assegurar que haja calor suficiente na junta, para que não ocorram trincas na região afetada temporariamente pelo calor durante a soldagem. A segunda maneira, estabelece que a quantidade mínima de material a ser depositado no momento da soldagem, deverá conter proporcionalidade entre as partes mais finas já conectadas. O tamanho mínimo de solda de filete deve aplicar-se em todos os casos, a menos que desenhos de projeto especifiquem soldas de um tamanho maior.

Segundo AWS D1.1 (2010), em todos os casos que houverem cordões de solda com tamanho inferior ao tamanho nominal especificado, é necessário que ocorra uma verificação mais detalhada, onde a porção de tamanho menor, não deve ultrapassar 10% do comprimento nominal especificado da solda. Do mesmo modo, o local que as soldas devem ser aplicadas, não podem ser alteradas sem autorização do Engenheiro.

2.2.3 Qualidade nos processos de soldagem

A soldagem MAG produz uma solda de alta qualidade, quando utilizados os procedimentos corretos. Os fatores que são determinantes para a obtenção de juntas de boa qualidade podem ser, o tipo do arame eletrodo, o gás a ser utilizado,

as posições de soldagem, a maneira de transferência e também a habilidade do soldador (CUNHA, 1985).

De acordo com Weiss (2010), para obter-se peças com alta qualidade é extremamente necessário monitorar todo o processo, mas principalmente dar atenção aos soldadores, pois eles são a variável que mais influência no processo de solda. Deste modo, é possível controlar adequadamente as técnicas adotadas durante a execução do procedimento de soldagem, assim, será possível alcançar as características de uma boa solda, que por sua vez deve possuir, fusão completa na junta, boa penetração, boa aparência, ausência de porosidade e ausência de rachaduras.

Para obter uma solda isenta de defeitos, o soldador deverá seguir os parâmetros de soldagem. Estes parâmetros, são constituídos pela descrição dos consumíveis, a regulagem da tensão e corrente de soldagem e a escolha do equipamento de soldagem (WEISS, 2010).

Segundo a AWS D1.1 (2010), as limitações das variáveis que podem ser encontradas durante o processo de soldagem, devem ser estabelecidas pela empresa e aprovada por um engenheiro de processo. Para que possa ser estabelecida uma faixa de duração das variáveis, é necessário embasá-las em evidências já documentadas de experiências com processos, de outro modo, é possível conduzir uma série de testes para determinar os limites ideais para as variáveis em questão.

A premissa fundamental do critério de aceitação é fornecer estipulações gerais aplicáveis à maioria das situações. Critérios de aceitação para soldas de produção diferentes dos critérios contidos na norma AWS D1.1 (2010) podem ser usados para uma aplicação particular, contanto que sejam adequadamente documentados pelo componente e aprovados pelo Engenheiro. Esses critérios de aceitação alternativos podem ser baseados na avaliação de adequação para serviço usando experiência passada, evidência experimental ou análise de engenharia considerando tipo de material, efeitos de carga de serviço e fatores ambientais (AWS D1.1, 2010).

2.3 MARCAÇÕES DE CHAPAS POR *LASER*

O processo de corte a *laser* é um sistema que gera um feixe de luz concentrado através de espelhos, onde estes feixes são obtidos pela agitação dos elétrons de alguns átomos, utilizando um veículo na transmissão dos feixes de luz, que pode ser o rubi ou o dióxido de carbono sob pressão (BARTZ, 2016).

Bartz (2016), ainda salienta que a aplicação do *laser* possui uma vasta aplicação nas indústrias para o processamento de materiais, bem como solda, corte, gravação, usinagem e tratamento térmico superficial. As principais vantagens deste processo são:

- Excelente qualidade de corte;
- Alta precisão;
- Alta velocidade de corte;
- Versátil quanto aos tipos de materiais;
- Mínima zona termicamente afetada.

Ainda, de acordo com o mesmo autor, as principais desvantagens deste processo são:

- Formação de óxido;
- Investimento alto;
- Espaço físico necessário maior;
- Liberação de produtos tóxicos.

2.3.1 Método de marcação

A tecnologia de gravação ou marcação a *laser* baseia-se na interação da radiação luminosa e a matéria. Este método diferencia-se por sua alta diversidade de aplicações nas mais diversificadas áreas de conhecimento técnico e científico (BAGNATO, 2008).

Com o crescimento das indústrias, crescem consideravelmente a aplicação das máquinas de corte a *laser* para auxiliar em diversas aplicações no setor produtivo. Além de serem um ótimo instrumento de corte de materiais, devido a sua

alta produtividade, qualidade e precisão, podem ser otimizadas, assim realizando marcações através do processo de gravação nas peças (SILVEIRA, 2011).

A gravação em uma chapa metálica, é uma técnica de corte à frio, que recentemente foi introduzida com o surgimento dos *lasers* de excímeros de alta potência. Eles emitem *lasers* com radiação ultravioleta capaz de quebrar ligações químicas existentes por absorção de fótons, desta forma, o material é suprimido sem a existência de aquecimento (FARO, 2006).

2.3.2 Método com recortes

O método de recortes, consiste basicamente no processo de corte por fusão, que emite feixes de luz na superfície da amostra, aquecendo-a acima da temperatura de fusão, posteriormente sofrendo uma impulsão do gás de assistência de forma coaxial, fazendo com que este material fundido seja ejetado para baixo ou para atrás da linha de corte. O processo de corte por fusão possui uma vasta aplicação dentre os metais, como: aços em geral, aços inoxidáveis e outras ligas, alumínio e titânio de alta liga (SILVA, 2014).

As máquinas e equipamentos, cada vez mais necessitam de melhorias, e que tenham um bom nível de qualidade e produtividade. Desta forma, necessita-se intervir nos projetos, assim desenvolver novos métodos e sistemas, que permitem facilitar a detecção e o monitoramento de anomalias durante o processamento das peças nas áreas de manufaturas (FARO, 2006).

Para Bartz (2016), a velocidade de corte deve variar de acordo com a espessura do material a ser cortado, a velocidade de corte diminui à medida que a espessura aumenta. Porém, com uma velocidade muito elevada, forma-se estrias e rebarbas na peça, que podem vir a impossibilitar o corte.

Bartz (2016) ainda comenta que havendo uma velocidade de corte baixa, é gerado uma zona termicamente afetada maior, assim tendo uma baixa qualidade de corte. Para que se torne possível expulsar o material fundido proveniente do corte, é necessário ter uma vazão de gás suficiente.

2.4 CUSTOS ENVOLVIDOS NO CORTE E SOLDAGEM DE CHAPAS

De acordo com Almeida e Camargo (2009), os custos são gastos que ocorrem no processo fabril de uma empresa, e representam os gastos relacionados aos bens e serviços utilizados para a geração de outros bens e serviços, ou seja, são gastos relacionados ao processo produtivo. Os custos industriais estão classificados em quatro tipos, como:

- Custos Diretos: São aqueles que são agregados diretamente ao produto final, como matérias-primas, embalagens, materiais secundários e mão de obra;
- Custos Indiretos: São os custos que dependem do rateio para que sejam agregados a diferentes produtos, como energia elétrica, salários dos supervisores e gerentes de área, aluguel da fábrica e depreciação dos equipamentos;
- Custos Fixos: São aqueles custos, que não se alteram com a variação dos níveis de produção, como aluguel e seguro do prédio da fábrica;
- Custos Variáveis: São aqueles custos que variam juntamente com os níveis de produção, como custo de matéria-prima consumida, consumíveis de solda.

Segundo Modenesi (2000), os custos de soldagem são utilizados principalmente para orçar um serviço, comparar os procedimentos de soldagem com diferentes métodos de fabricação, ou determinar qual a quantidade de consumíveis necessária para executar um serviço. Os principais custos envolvidos na soldagem são os usos de consumíveis, custo com mão de obra, energia elétrica, depreciação e a compra de equipamentos, equipamentos de proteção individual, matéria-prima, ferramentas para o uso no processo.

Segundo a empresa TRUMPF (2016), a partir do surgimento das máquinas de corte a laser, ocorreu uma grande evolução das tecnologias utilizadas, assim sendo foi possível efetuar o corte de chapas com maior espessura, conseqüentemente reduzindo o custo da hora máquina, pois devido as limitações encontradas no passado, sua utilização acabava sendo pouco compensadora.

Para a empresa TRUMPF (2016), a geração dos custos para uma máquina de corte a laser, é composta por custos fixos e variáveis, mais o custo de mão de obra. Os custos fixos são compostos basicamente por:

- O valor do equipamento;

- A taxa de retorno do investimento;
- O valor do espaço de instalação.

Os custos variáveis são compostos por (TRUMPF (2016):

- Custos da energia elétrica;
- Custo dos gases de corte;
- Custo dos consumíveis para o corte, como lentes, espelhos, bicos, filtros;
- Custo do nitrogênio ou ar comprimido utilizado na pressurização da guia do laser;
- Custo com manutenção preventiva e corretivas e suas peças de reparo.

3 METODOLOGIA

Nesta seção serão abordados os materiais, métodos, equipamentos e técnicas utilizados para a realização deste trabalho.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Os corpos de prova utilizados neste trabalho foram produzidos pela empresa MGF, e os procedimentos de soldagem realizados na Faculdade Horizontina.

As chapas escolhidas para a produção das amostras são de aço ASTM A36, com dimensões de 500 x 50 x 3 mm, sendo que estas foram confeccionadas pelo processo de corte a *laser*. A composição química do material foi obtida através de consulta ao fabricante Usiminas, conforme ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição Química do aço ASTM A36.

Elementos Químicos	C	P	S	Si	Cu
%	0,26	0,04	0,05	0,40	0,20

Fonte: Adaptado de Usiminas, 2016.

As características mecânicas do aço ASTM A36, foram obtidas através das informações cedidas do fabricante (USIMINAS, 2016), conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Características mecânicas do aço ASTM A36.

Tipo do aço	Limite de escoamento (MPa)	Limite de resistência (MPa)	Limite de alongamento (%)
ASTM A36	250	400 - 550	18

Fonte: Adaptado de Usiminas, 2016.

A deposição dos cordões de solda foi realizada na posição plana. O primeiro passo antes de efetuar a soldagem das peças, foi realizar o ponteamto das peças, unindo uma chapa de cada método e formando um conjunto com três peças, deste modo formando dez conjuntos para serem posteriormente soldados. A Figura 2 mostra as chapas com diferentes métodos de marcação posicionadas para a soldagem.

Figura 2 – Chapas posicionadas para a soldagem.



Fonte: O autor, 2016.

A soldagem foi realizada com uma fonte de soldagem MAG, marca ESAB modelo Warrior 500 i, conforme a Figura 3. O gás de proteção utilizado neste estudo de caso, foi uma mistura constituída por 21% de CO₂ e 79% de Argônio.

Figura 3 – Fonte utilizada na soldagem.



Fonte: O autor, 2016.

O metal de adição utilizado foi o arame maciço AWS ER70S-6, da marca ESAB modelo Autrod OK, com diâmetro de 1 mm. Abaixo, a Tabela 3 informa a

composição química e a Tabela 4 informa as propriedades mecânicas do arame maciço utilizado neste estudo.

Tabela 3 - Composição química do arame maciço AWS ER70S-6.

Elementos Químicos	Cu	P	S	C	Si	Mn
%	0,25	0,025	0,025	0,12	1,15	1,8

Fonte: Adaptado de ESAB, 2016.

Tabela 4 - Propriedades mecânicas do arame maciço AWS ER70S-6.

Tipo do arame	Resistência à tração (MPa)	Limite de escoamento (MPa)	Taxa de alongamento (%)
AWS ER70S-6	480	400	22

Fonte: Adaptado de ESAB, 2016.

3.2 MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADAS

Através da revisão da literatura, definiu-se os parâmetros a serem utilizados, os quais foram ajustados de acordo com o tipo de material utilizado. Desta forma, efetuou-se o ajuste dos parâmetros de soldagem, como: tensão, corrente, velocidade de alimentação do arame e velocidade de soldagem. A Tabela 5 mostra os parâmetros utilizados no instante da soldagem.

Tabela 5 – Parâmetros de soldagem utilizados no processo de solda.

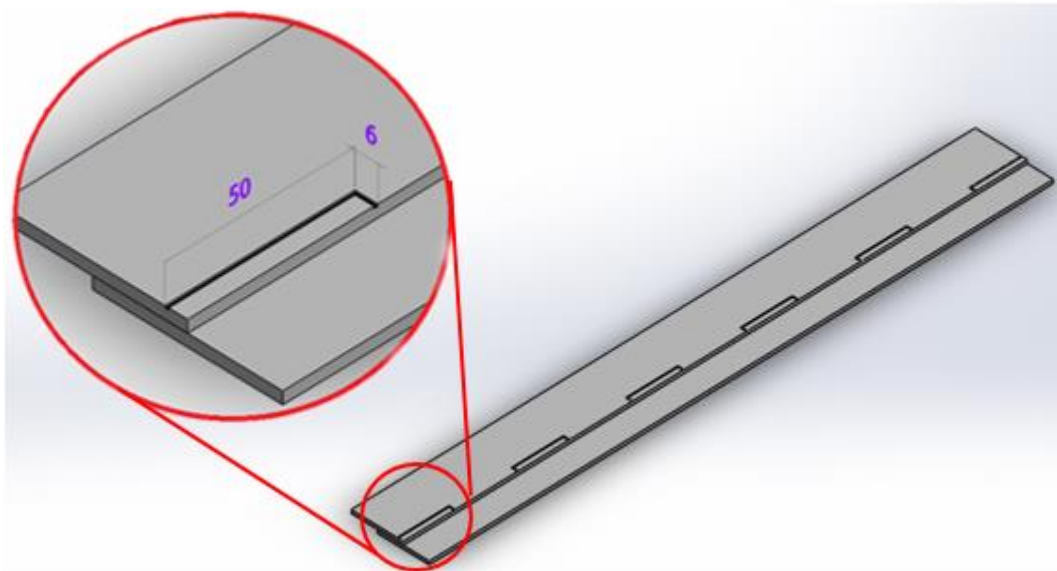
Parâmetros	Notação	Valor
Tensão	V	19
Corrente	A	150
Velocidade de Alimentação do Arame	m/min	6,1
Velocidade de Soldagem	mm/min	300
Vazão de gás de proteção	l/min	20
Distância do bico até a peça	mm	20

Fonte: O autor, 2016.

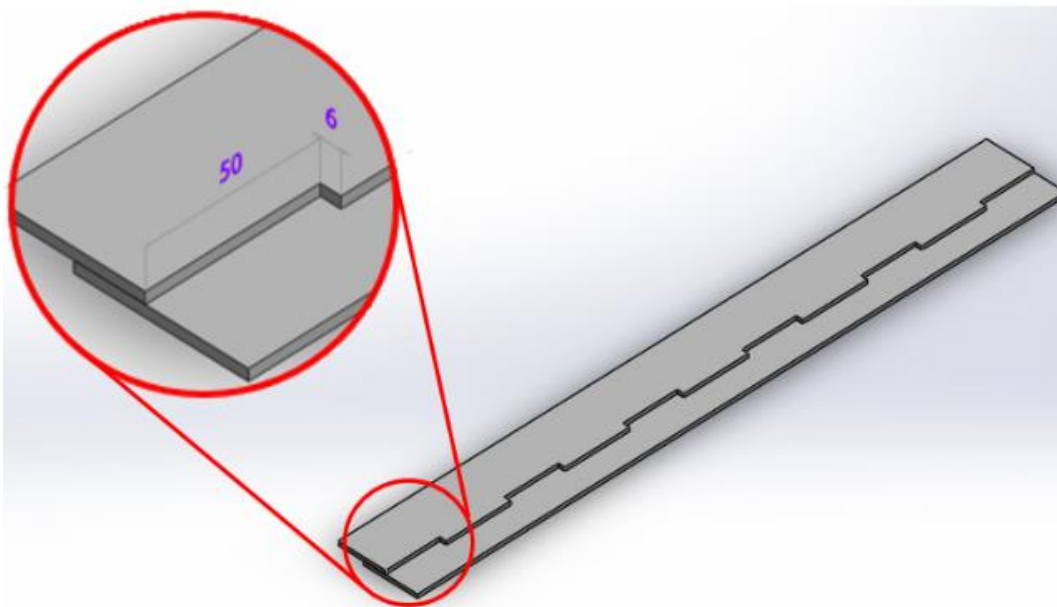
Após a definição do problema, foi estabelecido um modelo para os métodos de recorte e marcações nas peças, com objetivo de auxiliar os soldadores, no momento da aplicação dos cordões de solda. Desta forma, foi iniciado o desenvolvimento dos projetos e sucessivamente a geração dos programas para o corte das chapas no processo de corte a *laser*, para assim, tornar-se possível testar

os métodos e verificar se suas dimensões são as mais adequadas. A Figura 4 mostra os métodos de marcação utilizados.

Figura 4 – Métodos para facilitar o posicionamento dos cordões de solda: (a) Com marcação; (b) Com recorte.



(a)



(b)

Fonte: O autor, 2016.

Os métodos de marcação utilizados, possuem algumas limitações de aplicação em algumas posições de soldagem. Outro objetivo de se testar métodos

diferentes, é avaliar qual método é mais eficaz na redução do tamanho do cordão de solda. Devido a estes fatos, foram selecionados três diferentes modos para efetuar os testes. Inicialmente, os cordões foram depositados em uma chapa sem marcações, em seguida, em chapas com marcações, e por último em chapas com recortes.

Através destes métodos, pretende-se proporcionar uma melhor qualidade aos produtos e aumentar a produtividade das equipes de soldas nas indústrias, pois os métodos de marcação e com recortes proporcionam ao soldador, maior facilidade na visualização dos locais onde serão depositados os cordões de solda, além de proporcionar mais efetividade nas inspeções de qualidade posterior a soldagem.

A confecção do design dos métodos de marcação e recorte das chapas, foi efetuado levando em consideração a melhor aplicação dos cordões de solda, visando a eficácia no emprego dos mesmos. Para os métodos com marcação e com recortes, Figura 4, foi referenciado um retângulo com dimensões 50 mm x 4 mm.

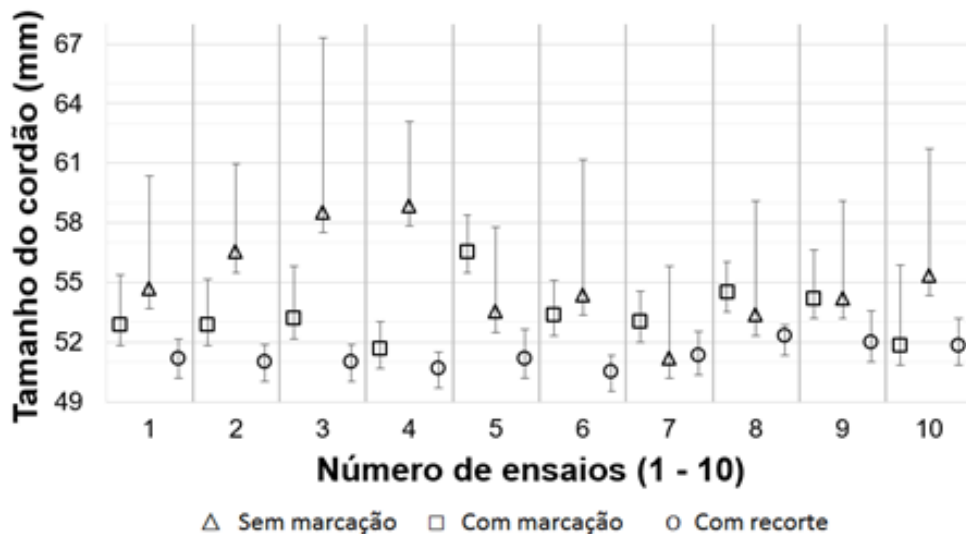
A distribuição das marcações e recortes nas chapas, foi realizada com o espaçamento de 100 mm, assim, sendo aplicado seis cordões de solda com dimensões de 50 mm, em cada chapa soldada.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DOS CORDÕES DE SOLDA

O resultado comparativo referente aos três métodos distintos de marcações, tem por objetivo identificar onde será o posicionamento dos cordões de solda antes de efetuar a soldagem. De acordo com a Figura 5, é possível observar os tamanhos dos cordões de solda em cada método, juntamente com o seu desvio padrão correspondente. Além disso, são apresentados em cada ensaios realizados, os três métodos (sem marcação “ Δ ”; com marcação “ \square ” e com recortes “ O ”). Nesta figura, é comparado a média dos cordões, assim como o desvio padrão encontrado nos ensaios de cada método.

Figura 5 – Tamanho dos cordões de solda resultante em cada método distinto de marcação.



Fonte: O autor, 2016.

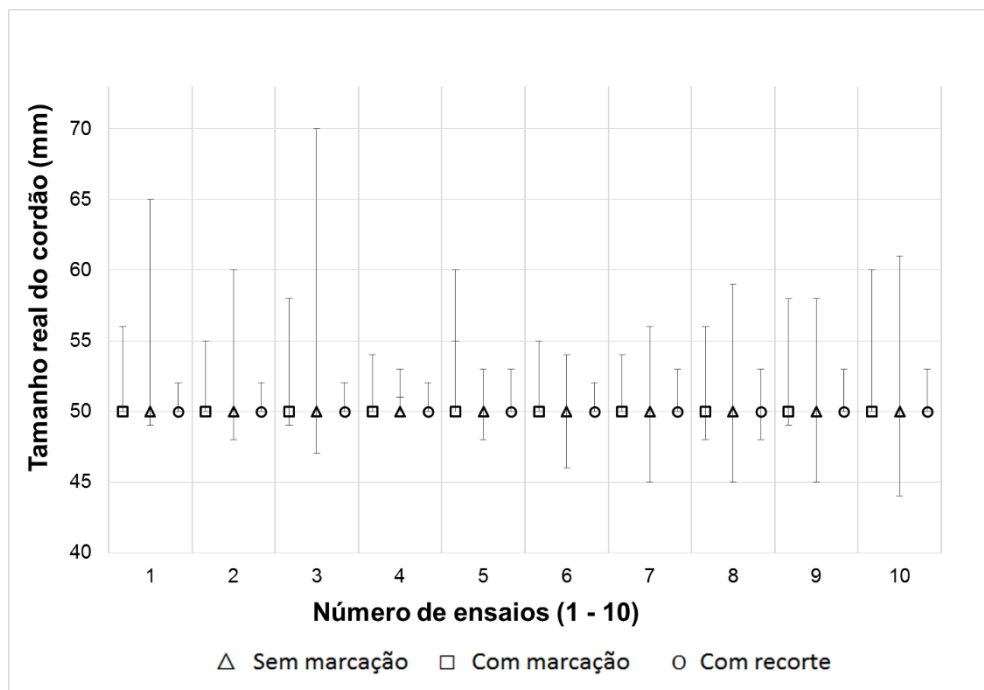
Ao comparar os métodos sem marcação e com marcação, nota-se que o método com marcação oferece mais precisão na orientação do posicionamento do cordão, e em função disso, suas médias estão mais próximas do tamanho nominal pré-estabelecido para cada cordão de solda. Do mesmo modo, este método possui um desvio padrão menor e mais estável, oferecendo maior confiabilidade quanto ao tamanho do cordão e o seu posicionamento na chapa a ser soldada pelo processo

de soldagem manual. Através dos métodos com marcação e com recorte, verifica-se que o método com recortes tem mais credibilidade e é mais eficiente, devido as suas médias estarem próximas da medida nominal dos cordões de solda.

Ao comparar os três métodos, verifica-se que o método sem marcação possui um desvio padrão maior em relação aos demais, portanto, com os outros métodos, foi possível minimizar o excesso de solda envolvido.

De acordo com a Figura 6, é possível observar o tamanho nominal dos cordões de solda em cada método, juntamente com as dimensões mínima e máxima correspondentes. Além disso, são apresentados os ensaios realizados, sendo que em cada ensaio são exibidos os três métodos (sem marcação “ Δ ”; com marcação “ \square ” e com recortes “ \circ ”).

Figura 6 – Dimensão nominal dos cordões e suas variações.



Fonte: O autor, 2016.

A Figura 6 relaciona a dimensão nominal (50 mm), com as dimensões máximas e mínimas obtidas experimentalmente. Portanto, é possível verificar quais são os pontos com maior variação, e assim contabilizar a quantidade exata de cordões de solda em excesso que fora depositada.

Quanto ao método sem marcação, ele é pouco eficiente, pois em vários momentos os cordões ficaram com sua dimensão real abaixo da dimensão nominal.

Do mesmo modo, quando é realizada a análise da dimensão máxima, verifica-se que em algumas amostras as dimensões chegam a ultrapassar 20 mm, ou seja, geram um acréscimo nos custos na soldagem.

Após efetuar a análise do método com marcação, nota-se que ocorre uma melhora razoável em relação aos excessos de cordões de solda quando comparado como método sem marcação. Mesmo com essa melhora, as dimensões dos cordões ainda permanecem altas, porém estáveis. Além disso, as quantidades de cordões depositados com dimensões menores que a dimensão nominal, ocorreu apenas quatro vezes no método com marcação, enquanto no método sem marcação ocorreu sete vezes.

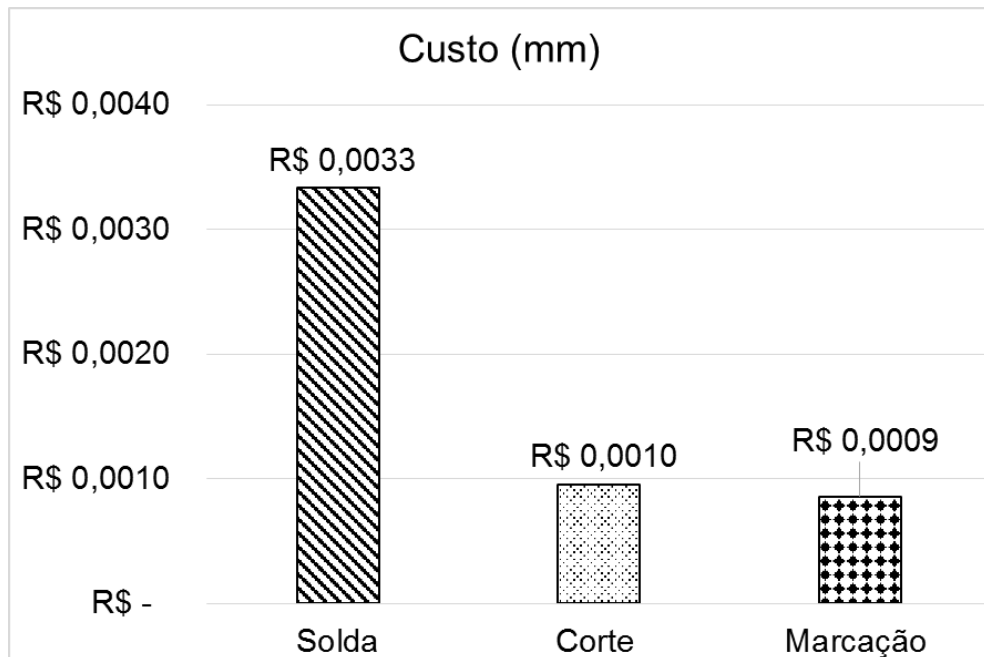
Após realizar a análise dos dados do método com recortes, define-se que ele é um método que não proporciona uma grande variação no tamanho dos cordões, devido seu formato proporcionar uma “barreira física” no instante da soldagem. Apesar de haver uma pequena variação no tamanho do cordão, não houve nenhum cordão sendo aplicado abaixo da dimensão nominal.

Após efetuar a comparação dos três métodos, pode-se dizer que os métodos com marcação e com recorte contribuíram com o soldador para depositar os cordões de solda no local desejado. De modo geral, o método de recortes é mais eficiente que os demais métodos, devido a linearidade dos cordões em todos os ensaios.

4. 2 ANÁLISE DOS CUSTOS ENVOLVIDOS EM CADA MÉTODO

Para que se possa ter maior conhecimento dos custos envolvidos, torna-se necessário saber quais os custos inclusos nos processos de solda, corte e marcações das chapas na *laser*. A Figura 7, expressa quais são os custos relacionados para fazer um milímetro de marcação, recorte e solda. Com esses dados, foi possível calcular o custo total de excesso que é gerado por cada método.

Figura 7 – Custos envolvidos para corte, marcação e solda.



Fonte: O autor, 2016.

Entre os métodos, nota-se uma grande diferença nos custos obtidos a cada milímetro que foi efetuado o corte, a marcação e a soldagem. O custo do processo de soldagem MAG manual é de aproximadamente R\$ 60,00 a hora, sendo que neste valor é incluso o valor hora/máquina de um retificador de solda, o custo dos consumíveis e do soldador. A velocidade de soldagem foi de 300 mm/min, e o custo obtido para depositar na chapa um milímetro de solda é de aproximadamente R\$ 0,003.

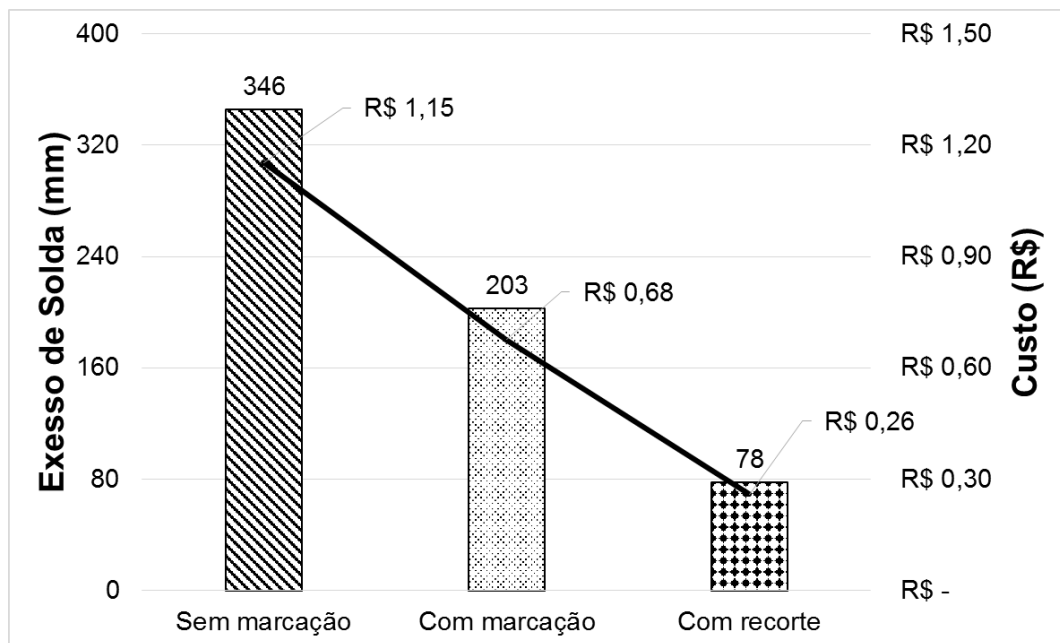
Com o processo de corte a laser, tem-se um custo aproximado de R\$ 200,00 a hora, estando incluído neste valor, os custos hora/máquina, consumíveis e operadores. Deste modo, considera-se que a velocidade de corte é de 3500 mm/min, e o custo para cortar um milímetro é de R\$ 0,0010. Já para calcular o custo de marcação das chapas, obteve-se um custo horário dos equipamentos, operadores e consumíveis, que foi de R\$ 180,00. A velocidade de marcação não foi alterada, permanecendo em 3500 mm/min, desta maneira o custo para efetuar a marcação de um milímetro na chapa foi de R\$ 0,0009.

Após a análise dos custos, percebe-se que o custo para fazer a soldagem, é cerca de três vezes maior, do que o custo para fazer o corte ou as marcações nas chapas. Mesmo que o custo hora máquina de um centro de corte a *laser* seja maior

do que custo de soldagem por hora, ele proporciona uma maior velocidade de corte e marcação, tornando-se muito superior, cerca de 11 vezes mais veloz, que o processo de soldagem MAG manual. Entretanto, deve-se levar em consideração, que para fazer o corte ou as marcações, necessita-se utilizar 324 mm, deste modo, fazendo com que estes métodos se tornam inviáveis pelo ponto de vista financeiro.

Todos os métodos utilizados (sem marcação, com marcação e com recorte) apresentaram excesso de solda. Os excessos de solda resultantes nos experimentos são contabilizados somente quando o cordão de solda exceder o tamanho nominal, pré-estabelecido de 50 mm. A Figura 8 relaciona o excesso de solda com o custo adicional (desnecessário).

Figura 8 – Excesso de solda e custo em cada método analisado.



Fonte: O autor, 2016.

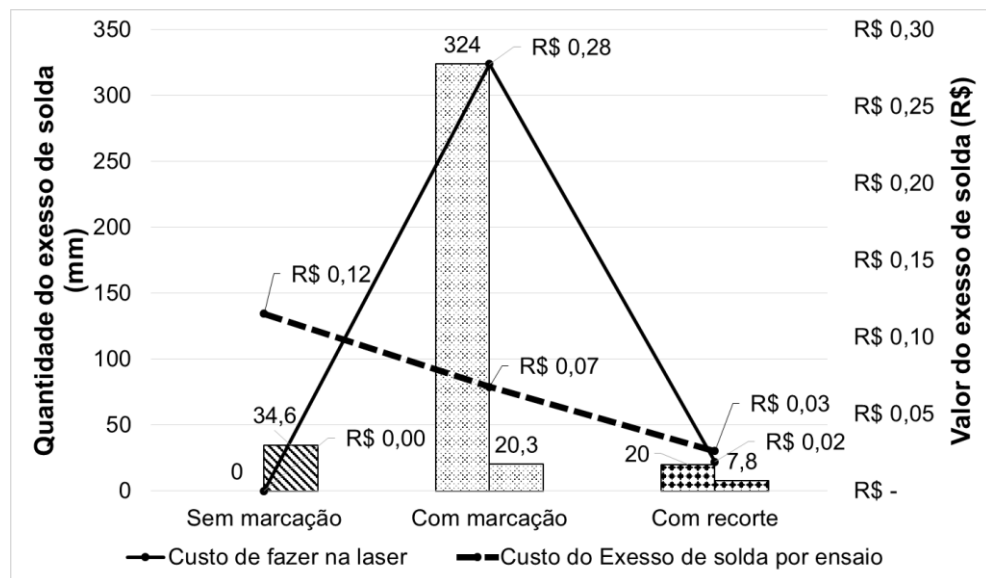
Através do método sem marcação, verifica-se um excesso de solda de 346 mm, conseqüentemente, o custo adicional foi de R\$ 1,15. Já no método com marcação, o excesso do cordão é de 203 mm, assim, o custo é R\$ 0,68. Entretanto, no método com recortes, o excesso de cordão é 78 mm, e o custo de R\$ 0,26.

O método com marcação, oferece cerca 40,8% de redução do custo por excesso no tamanho do cordão de solda, quando comparado ao método sem marcação. Do mesmo modo, o método com recortes possibilita uma redução de 77,8% no custo de excesso de solda, quando comparado ao método sem marcação.

Contudo, o método com recorte possibilita um ganho de 61,7% em relação ao método sem marcação. Assim, o método com recortes torna-se mais eficiente e com melhor qualidade, pois somente são aplicados os cordões de solda no local indicado, além do excesso dos cordões de solda ser minimizado.

Após concluir a análise dos custos envolvidos no estudo de caso, é possível verificar a relação entre o excesso de solda no tamanho dos cordões, e qual é o custo para fazer os recortes e marcações em um centro de corte à *laser*. Na Figura 9 é apresentada a relação entre estes custos por ensaio.

Figura 9 – Custo de fabricação x redução de custo por excesso de solda.



Fonte: O autor, 2016.

Para que a aplicação destes métodos seja inserida em um projeto, ele deverá conter benefícios, tanto financeiros quanto relacionados a qualidade. Após transcrever os dados obtidos, aplica-se uma análise crítica, para que assim torne possível determinar a viabilidade dos métodos estudados.

Para o método sem marcação, é gerado um excesso de solda em torno de 34,6 mm por ensaio, desta maneira equalizando em um custo de R\$ 0,12 por este acréscimo de solda. Devido este método não possuir marcações e recortes para indicar o posicionamento dos cordões de solda, ele não necessita de nenhum custo adicional com corte a laser.

Já para o método com marcação, ele gera um excesso nos cordões por ensaio, de 20,3 mm, apontando um custo de R\$ 0,07 por este excesso de solda.

Para poder fabricar este método, é necessário o uso de um centro de corte a laser, para fazer as devidas marcações nas peças, em cada ensaio, fazer as marcações do posicionamento de cada cordão de solda, desta forma, são marcados em cada chapa 324 mm, que resulta em um custo de R\$ 0,28 para a fabricação por este método.

No método com recortes, o excesso de solda gerado por cada ensaio realizado é em torno de 7,8 mm, ou seja, gera um custo de R\$ 0,03 por ensaio. Semelhante ao método com marcações, este método também necessita da utilização de um centro de corte a laser para sua fabricação, onde serão feitos os recortes que posicionam os cordões de solda, para isso, torna-se necessário cortar 24 mm em cada chapa, tendo um custo de R\$ 0,02 neste processo.

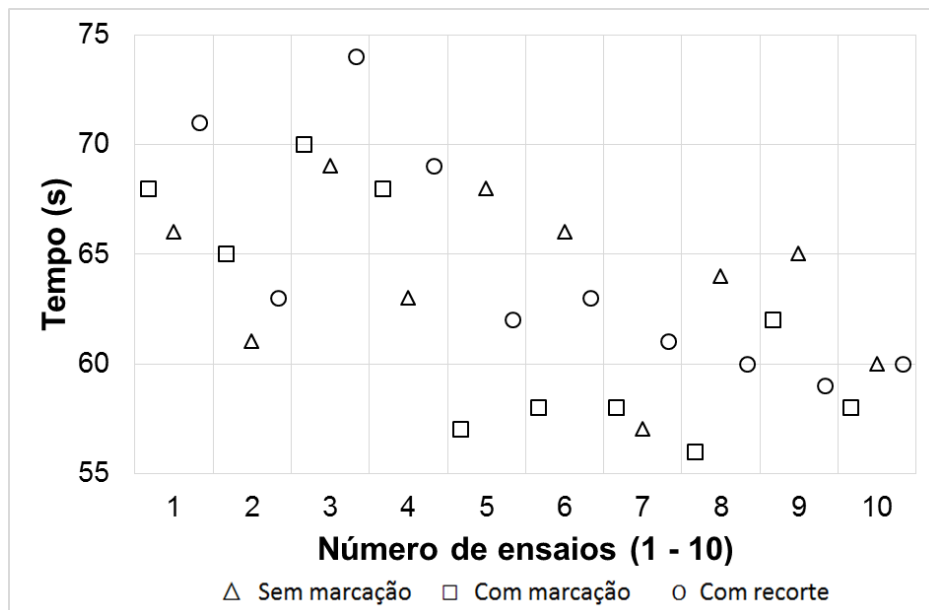
Tendo como base os dados obtidos, pode-se dizer que o método sem marcação, é o método que possui o menor custo para fabricação, pois não necessita fazer marcações, nem recortes, desta maneira não há necessidade de obter um custo extra com estes processos adicionais. Por outro lado, ao efetuar uma análise quanto a qualidade dos produtos finais, é possível obter cordões com suas dimensões reais abaixo, e também muito acima do valor definido pelo desenho da peça, então, ele torna-se um método viável, porém pouco preciso.

Ao comparar os métodos com marcação e com recorte, verifica-se que a diferença de custo de fabricação é baixa quando se compara o benefício gerado, referente ao excesso dos cordões de solda. O método com recortes, proporciona uma maior eficiência no posicionamento dos cordões, pois além de delimitar fisicamente o ponto exato que será aplicado os cordões de solda, não permite que a quantidade do excesso do cordão seja muito grande, desta forma tornando o método viável, tanto pelo custo de fabricação quanto pela qualidade final dos cordões aplicados.

4.3 ANÁLISE DOS TEMPOS DE SOLDAGEM

Para que seja possível verificar a viabilidade total dos métodos utilizados neste estudo de caso, foi efetuado o levantamento dos tempos de soldagem de todos os ensaios realizados. De acordo com a Figura 10, estão representados os tempos da soldagem executada em cada método.

Figura 10 – Tempo de soldagem em cada método.



Fonte: O autor, 2016

Durante o processo de soldagem, foram coletados os tempos de soldagem de cada peça em cada método. De modo geral, os três métodos resultam em um tempo de soldagem similar, porém ocorre uma pequena variação, quando comparado com os demais ensaios.

Comparando as médias de tempo dos três métodos, o método sem marcação obteve uma média de 62 s, o método com marcação 63,9 s e o com recorte 64,2 s. De acordo com as médias de tempo obtidas, o método sem marcação é o método que demanda de menos tempo para efetuar a soldagem das peças, ficando 1,9 s a frente do método com marcação e 2,2 s do método com recorte.

A comparação dos tempos entre os três métodos, manteve-se semelhante. Assim, os métodos com marcação e com recortes mostraram maior tempo para a soldagem. Como a diferença dos tempos foi pequena, a aplicação destes métodos em grandes conjuntos torna-se viável, porém onde é necessário a aplicação de um grande número de cordões, a tendência que os métodos com marcação e com recortes necessitem de menos tempo para serem soldados do que o método sem marcação, pois eles permitem que o posicionamento dos cordões não fique somente na “mão do operador”, fazendo com que o soldador não perca tempo em definir o local onde será depositado os cordões de solda.

Portanto, esses métodos têm alguns benefícios, não só pelo tempo menor, mas também pelo maior controle no posicionamento e tamanho dos cordões de solda. Assim, pode ocorrer um aumento da produtividade do soldador, pois o processo será mais eficaz, se as soldas sejam depositadas no local certo e na quantidade correta.

4. 4 DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS

Comparando os métodos sem marcação e com marcação, verifica-se que o método com recorte promove uma garantia maior no posicionamento dos cordões. Porém, para que haja esta garantia na aplicação dos cordões de solda, é necessário levar em consideração que há um custo para fabricar estes recortes. Esse custo adicional, torna este método viável, se comparar ao custo dos excessos de solda.

Os métodos com marcação e com recorte, possuem diversas aplicações nas indústrias, e podem ter maior participação no ramo metal-mecânico e automobilístico, devido as complexidades dos produtos produzidos. Estes métodos, são estruturados de forma usual para as empresas, pois são simples e práticos para sua utilização nos processos produtivos, podendo vir a sanar vários problemas relacionados ao posicionamento de cordões de solda.

A aplicação destes métodos, facilitará no momento da inspeção de soldagem, pois onde há a marcação, deverá ter um cordão de solda, assim, fica mais fácil de identificar a falta de um cordão de solda após a soldagem. Deste modo, o processo de inspeção torna-se mais rápido na célula de soldagem, bem como, na inspeção de final de linha, não deixando dúvidas quanto a aplicação de cordões de solda, que são pertinentes em processos que não são bem definidos.

A implementação destes métodos nas indústrias, pode reduzir grande parte do não segmento de defeitos, devido a facilidade na aplicação das soldas e principalmente pelo fato de tornar a inspeção das soldas de forma mais visual, não deixando que as inspeções fiquem somente pelo conhecimento do inspetor, pois assim, poderá gerar um processo duvidoso e possivelmente deixar um defeito seguir para o cliente.

No momento de elaborar o projeto de um conjunto soldado, depara-se com vários tipos de posições de soldagem, desta forma os engenheiros devem prever

acessos da tocha para que os cordões de solda sejam depositados adequadamente. Tendo conhecimento desta dificuldade, estes métodos de posicionamento dos cordões, podem ser aplicados em diversos tipos de juntas de solda. Com a constituição desta interferência, onde o método com recortes não pode ser aplicado, é possível aplicar o método com marcação, pelo fato de utilizar somente a marcação do posicionamento dos cordões.

Cada vez mais, as empresas buscam melhorar a qualidade de seus produtos. Porém, nenhum produto é perfeito, sempre havendo falhas, mas com o tempo, estas falhas podem vir a causar algum defeito. Estes defeitos, podem surgir por diversos motivos, por exemplo, não aplicação ou mau posicionamento de cordões de solda, gerando a fragilização da estrutura do produto, e podendo ocasionar sua quebra. A principal vantagem dos métodos com marcação e com recorte, é eliminar as chances de haver o esquecimento de aplicar os cordões, ou ocorrer um posicionamento incorreto dos cordões de solda. Desta maneira, poderá ser reduzido drasticamente os níveis de quebras de produtos, devido ao esquecimento de cordões e seu posicionamento incorreto.

CONCLUSÃO

Através da análise dos resultados e discussões apresentados neste trabalho, podem ser expostas as seguintes conclusões:

1) Utilizar os métodos com recorte para facilitar no posicionamento dos cordões de solda, se torna viável em função do custo de fabricação dos recortes, quando comparado com resultado na redução de excessos de solda. Já para o método com marcação, não torna-se viável aplica-lo nas indústrias, devido ao seu alto custo de implementação quando comparado com o a redução dos excessos de solda que ele proporciona.

2) Por outro lado, pelo ponto de vista da qualidade, houve um aumento significativo no posicionamento correto e na quantidade requerida dos cordões de solda, sendo aplicado os cordões com maior eficácia, além de reduzir os excessos dos mesmos.

3) Os métodos de marcação analisados, podem oferecer grandes vantagens durante o processo de montagem de conjuntos subsequentes, devido os cordões encontrar-se posicionados de acordo com a especificação do desenho do conjunto.

4) Com a possibilidade de redução de quebras dos produtos já em fase de utilização pelos clientes, consecutivamente reduz os custos envolvidos com processo de recuperação, ou seja, a utilização destes métodos de posicionamento de cordões, torna-se possível reduzir os custos com correções de produtos com falhas decorrentes de soldas.

5) Facilidade de inspecionar os produtos após a conclusão das soldas, para verificar se não ocorre a falta de cordões, pois os métodos (com marcação, com recortes) tornam o processo de inspeção mais visual, não ocorrendo a necessidade de o inspetor possuir grande conhecimento do conjunto soldado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. C. D. P. P.; CAMARGO, J. **Gestão e contabilidade de custos.** Trabalho de conclusão de curso. Disponível em: <https://docs.google.com/file/d/0B_0cZhudOzulMWQ4MWZhYTgtMjYxZi00OTQxLWI3MjUtMGM4ZjI2NjJiNzE4/edit?hl=pt_BR>. Acesso em: 13 de set. 2016

AMERICAN WELDING SOCIETY. AWS D1.1. **Structural welding code: steel.** Miami: AWS, 2010.

BAGNATO, V. S. **Laser e suas aplicações em ciência e tecnologia.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

BARTZ, A. B.; SILVA, D. I. D.; FIGUEREDO, T. W. D.; SPOHR, C. B. **Processo de corte em máquinas laser.** Disponível em: <http://www.fahor.com.br/publicacoes/sief/2011_Processo_corte_maquinas_laser.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2016.

CANAN, F. **Curso de Soldagem.** Disponível em: <http://www.soldaaautomatica.com.br/index_arquivos/Arquivos/PDF%2014-Curso%20de%20Soldagem-Franco%20Canan.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2016.

CUNHA, L. J. G.D. **Solda: Como, Quando e Por Quê.** 1 ed. Editora SAGRA, 1985.

DBC. **História da Solda MIG/MAG.** Disponível em: <<http://guias.oxigenio.com/historia-da-solda-migmag-gmaw-gas-metal-arc-welding#top>>. Acesso em: 10 de ago. 2016.

FARO, T. M. C. C. D. B. E. **Estudo e otimização do corte laser de alta velocidade em chapa metálica fina.** Dissertação de mestrado. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2006. 135 p.

INFOSOLDA. **Era Moderna.** Disponível em: <<http://www.infosolda.com.br/biblioteca-digital/livros-senai/fundamentos/53-era-moderna.html>>. Acesso em: 10 de ago. 2016.

JUNIOR, L. G.; RAMALHO, J. P. **MIG/MAG.** Disponível em: <http://www.infosolda.com.br/images/Downloads/Artigos/processos_solda/mig-mag.pdf>. Aceso em 10 de abr. 2016.

LOPES, D.; FARIAS, C.; ALBUQUERQUE, M. C; OLIVEIRA, T.; SOUZA, I. S. **Visão geral sobre a inspeção em cordões de solda através de técnicas não destrutivas ultrassônicas.** Disponível em:<<http://gpend.ifba.edu.br/wp-content/uploads/2015/10/60.-Vis%C3%A3o-Geral-sobre-a-Inspe%C3%A7%C3%A3o-em-Cord%C3%B5es-de-Solda-atrav%C3%A9s-de-T%C3%A9cnicas-N%C3%A3o-Destrutivas-Ultrass%C3%B4nicas.pdf>>. Acesso em: 10 de out. 2016.

MARTINS, J. L.; FERREIRA, M. L.; SARAIVA, J. F. **Estimativa da produtividade em soldagem pelo Método de Monte Carlo**. Soldagem & Inspeção. 2011;16(3):204-212. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-92242011000300002>.

MODENESI, P. J., **Descontinuidades e Inspeção em Juntas Soldadas**, Apostila Soldagem I, Editora UFMG, 2000.

MODENESI, P. J.; MARQUES, P. V. **Introdução aos Processos de Soldagem**, UFMG, 2006. Disponível em: <http://xa.yimg.com/kq/groups/24841409/1334315251/name/SOLDAGEM+UFMG.pdf>>. Acesso em 08 de abr 2016.

QUITES, A. **Terminologia das imperfeições da soldagem**. Material de apoio. Disponível em:<<http://www.soldasoft.com.br/portal/generalidades/Terminologia%20das%20imperfei%C3%A7%C3%B5es%20da%20soldagem.pdf>>. Acesso em: 12 de maio de 2016.

SILVA, B. V. **Aplicação do conceito de montagem por encaixes e seu dimensionamento para posterior processo de soldagem**. Disponível em: http://fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2015/Vilmar_Bueno_Silva.pdf>. Acesso em: 10 de jun. 2016.

SILVA, H. G. D. **Estudos preliminares sobre a aplicação de lasers de alta potência na perfuração de revestimentos de poços**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2014. 69 p.

SILVEIRA, F. L. D. **Uso de usinagem por jato de água, usinagem por controle numérico computadorizado e corte a laser no design de superfícies tácteis a partir de padrões modulares encaixáveis em ágata e cedro**. Dissertação de mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011. 152 p.

TRUMPF. **News TRUMPF Brasil 2010**. Disponível em: <http://www.br.trumpf.com/pt/imprensa/assessoria-trumpf-brasil/news-trumpf-brasil-2010/corte-uma-das-principais-aplicacoes-do-laser-no-setor-metal-mecanico.html>>. Acesso em: 10 de out. 2016.

USIMINAS. **Soluções Usiminas**. Disponível em: <http://www.usiminas.com/solucoes/wp-content/uploads/sites/5/2013/12/su-catalogo-online.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

WEISS, A. **Soldagem**. 1 ed. Editora do livro técnico, 2010.