

**Faculdade de Tecnologia de Sorocaba**

**DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO MECANICA**

**DEFEITOS DE SOLDAGEM EM MATERIAIS METÁLICOS**

**RELATÓRIO FINAL DA INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**Aluno: Lucas Henrique da Silva**

**Orientador: Prof. Amilton Cordeiro**

**NUPETS - Núcleo De Pesquisas Em Tecnologia Da Soldagem**

**Curso Superior em Tecnologia Mecânica – Modalidade: Fabricação Mecânica**

**DEZEMBRO DE 2018**

**DEPARTAMENTO DE FABRICAÇÃO MECANICA**

---

**Aluno:**

---

**Professor Orientador:**

---

**Chefe do Departamento**

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	5
2.	Método .....	5
3.	HISTÓRIA DA SOLDA .....	5
3.1.	Soldagem.....	6
3.2.	Soldagem o que é? .....	6
3.3.	Soldabilidade .....	7
4.	JUNTAS.....	8
4.1.	Juntas de topo: .....	8
4.2.	Juntas de cantos: .....	8
4.3.	Juntas de aresta:.....	9
4.4.	Junta sobreposta: .....	9
4.5.	Junta ângulo: .....	9
5.	METALURGIA DA SOLDA.....	10
5.1.	Processo de soldagem .....	11
6.	SOLDAGEM DOS AÇOS .....	12
6.1.	Aços Carbono .....	12
7.	DEFEITOS DA SOLDAGEM .....	13
7.1.	Defeitos no processo de soldagem.....	13
8.	TIPOS DE IMPERFEIÇÕES ENCONTRADAS EM MATÉRIAS METÁLICAS.....	14
8.1.	Falta de penetração:.....	14
8.2.	Falta de fusão .....	14
8.3.	Mordedura .....	15
8.4.	Porosidade.....	17
8.5.	Trincas Longitudinais .....	18
8.6.	Trinca de cratera .....	19
8.7.	Inclusões.....	19
8.8.	Trincas de solidificação.....	20
8.9.	Concavidade .....	21

8.10.	Sobreposição .....	21
8.11.	Desalinhamento .....	22

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: SOLDAGEM POR FUSÃO .....	7
FIGURA 2: JUNTAS DE TOPO.....	8
FIGURA 3: JUNTAS DE CANTO .....	9
FIGURA 4: JUNTAS DE ARESTA .....	9
FIGURA 5: JUNTAS SOBREPOSTA .....	9
FIGURA 6: JUNTAS DE ÂNGULO .....	10
FIGURA 7: ZONA AFETADA TERMICAMENTE.....	11
FIGURA 8: FALTA DE PENETRAÇÃO .....	14
FIGURA 9: FALTA DE FUSÃO .....	15
FIGURA 10: MORDEDURA.....	16
FIGURA 11: POROSIDADE .....	17
FIGURA 12: TRINCAS LONGITUDINAIS.....	19
FIGURA 13: TRINCA DE CRATERA.....	19
FIGURA 14: INCLUSÕES.....	20
FIGURA 15: TRINCA DE SOLIDIFICAÇÃO.....	21
FIGURA 16: CONCAVIDADE.....	21
FIGURA 17: SOBREPOSIÇÃO .....	22
FIGURA 18: DESALINHAMENTO .....	22

## LISTA DE TABELA

TABELA 1:GRAU DE SOLDABILIDADE.....	8
TABELA 2: TABELA DE AÇOS CARBONO DE ACORDO COM AS CLASSES E TIPOS .....	13

## LISTA DE GRAFICOS

GRAFICO 1: EVOLUÇÃO DO PROCESSO DE SOLDAGEM.....	6
--	---

## **1. INTRODUÇÃO**

Essa pesquisa tem como o objetivo mostra os defeitos de soldagem em materiais metálicos, a engenharia sempre aceitou imperfeição e trabalha com tolerâncias, tolerâncias é o termo que define o grau de aceitação diante da imperfeição, elas só serão consideradas defeitos ou imperfeições inaceitáveis, se superarem determinados limites, fixados pelo projeto da peça soldada como critérios de aceitação.

Nesta pesquisa, saber sobre a importância dos defeitos de soldagem em materiais metálicos será de grande importância, possibilitando ao operador a não cometer parâmetros que ocasionara alguns defeitos e danificando a estrutura do material.

A pesquisa tem como orientação para o profissional do processo de soldagem sobre os defeitos existentes, a importância do estudo diminui a chances de se provocar algum defeito.

## **2. MÉTODO**

Esse relatório foi utilizado o método de pesquisa exploratório com a finalidade de analisar os defeitos de soldagem em materiais metálicos já existentes através de um estudo profundo para que possa ser trabalhado e aplicado em um método empírico.

## **3. HISTÓRIA DA SOLDA**

O primeiro princípio da solda começou antes de 1800, com a união de duas peças por fusão. Aonde o processo era todo manual realizado na forja do ferreiro, com a revolução industrial e as duas guerras mundiais influenciaram desenvolvimento da solda moderna. Nesse período os métodos usuais eram solda por resistência, solda a gás e solda a arco.

No início do século XX a soldagem a gás teve seu surgimento e foi dominante para fabricação e trabalhos de reparos. Alguns anos depois a solda elétrica que se desenvolveu tomou conta da indústria definitivamente. Evolução do processo de soldagem no gráfico abaixo.

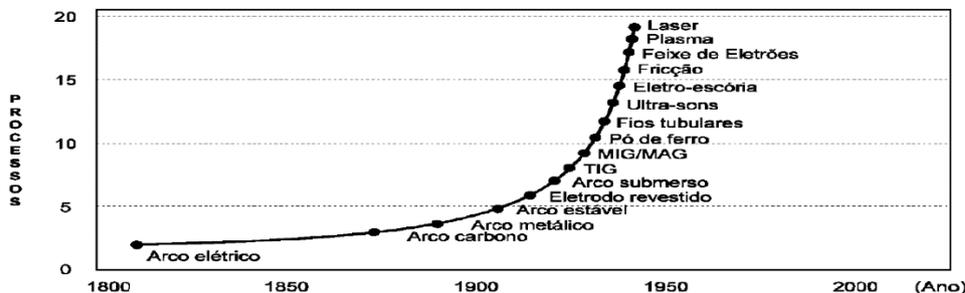


Gráfico 1: Evolução do processo de soldagem

Fonte: file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf

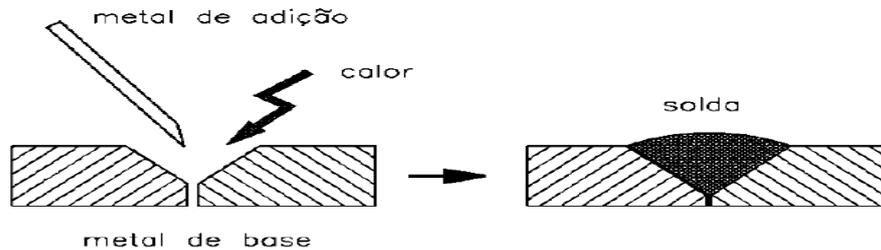
### 3.1. Soldagem

A soldagem está estreitamente ligada as mais importantes atividades indústrias que existem no mundo industrial moderno; construção civil metálica, aeronáutica, ferroviárias, navais, metalúrgica mecânica e elétrica. É rara a indústria que despreza o processo de soldagem como um processo de produção ou de manutenção.

### 3.2. Soldagem o que é?

Soldagem é um processo de união de materiais, especificamente, união de metais e polímero. Na soldagem, a união é obtida pela aproximação dos átomos nos metais ou moléculas nos polímeros à distâncias é suficientemente pequenas para que ligações químicas sejam formadas. Diferentemente dos demais processos de união (parafusagem, rebiteagem, colagem e brasagem), na soldagem ocorre uma mistura dos materiais base e de adição essa mistura, tecnicamente conhecida por solubilidade. A utilização do oxigênio e de um gás combustível permitiu a obtenção de chama de elevada temperatura que permitiu a fusão localizada de determinados metais e a formação de um banho de fusão que, ao solidificar, forma a “ponte” entre as peças a serem unidas observando na figura 1. A soldagem por fusão inclui a

maioria dos processos mais usados atualmente.



*Figura 1: Soldagem por fusão*

Fonte: file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf

### **3.3. Soldabilidade**

Segundo a American Welding Society (AWS) define soldabilidade como “a capacidade de um material ser soldado nas condições de fabricação impostas por uma estrutura específica projetada de forma adequada e de se comportar adequadamente em serviço”. Esta definição é coloca pontos importantes como: “o projeto é adequado” e as condições e o procedimento de soldagem” Uma definição alternativa, mais prática, seria: “a facilidade relativa com que uma solda satisfatória, que resulte em uma junta similar ao metal sendo soldado, pode ser produzida”. Outro fator importante é a capacidade de formar a série contínua de soluções sólidas entre um metal e outro. A maioria das ligas metálicas são soldáveis, mas, certamente, algumas são mais difíceis de serem soldadas por um dado processo que outras. Por outro lado, o desempenho esperado para uma junta soldada depende fundamentalmente da aplicação a que está se destina. Assim, para determinar a soldabilidade de um material, é fundamental considerar o processo e procedimento de soldagem e a sua aplicação. Assim, é importante conhecer bem o material sendo soldado, o projeto da solda e da estrutura e os requerimentos de serviço (cargas, ambiente, etc). A figura a seguir resume o grau de soldabilidade de alguns dos materiais metálicos mais usados na indústria mecânica.

Tabela 1: Grau de soldabilidade

Materiais	Soldabilidade			
	Ótima	Boa	Regular	Difícil
Aço baixo carbono	x			
Aço médio carbono		x	x	
Aço alto carbono				x
Aço inox	x	x		
Aços-liga			x	
Ferro fundido cinzento			x	
Ferro fundido maleável e nodular			x	
Ferro fundido branco				x
Liga de alumínio		x		
Liga de cobre		x		

Fonte: <file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf>

Como se vê, a soldabilidade dos metais varia de um material para outro, de modo que as juntas soldadas nem sempre apresentam as características mecânicas desejáveis para determinada aplicação.

#### 4. JUNTAS

Juntas é a união aonde as duas ou mais parte serão soldadas, existem 5 tipos: juntas de topo, juntas de canto, juntas de aresta, juntas sobreposta, juntas de ângulos.

##### 4.1. Juntas de topo:

Junta entre dois componentes alinhados entorno do mesmo plano.

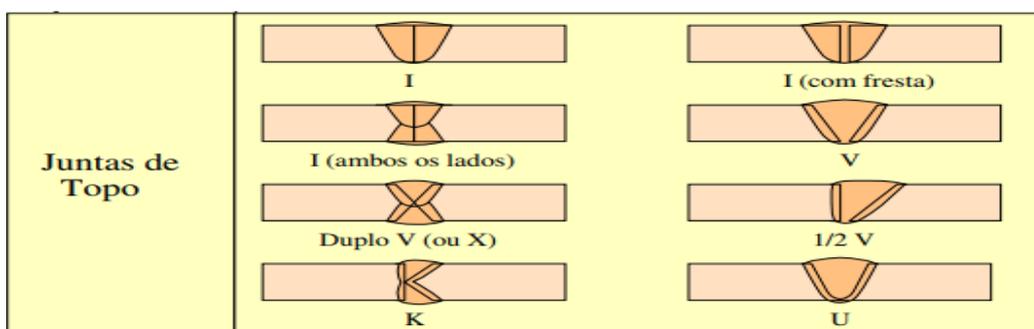


Figura 2: juntas de topo

Fonte: <file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf>

##### 4.2. Juntas de cantos:

Junta formada entre dois membros situados aproximadamente e respectivamente perpendiculares, na forma de um L, cujo canto é soldado.

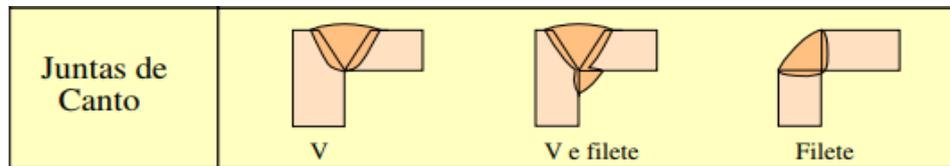


Figura 3: juntas de canto

Fonte: <file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf>

#### 4.3. Juntas de aresta:

Junta entre as extremidades de dois ou mais componentes paralelos ou parcialmente paralelos.

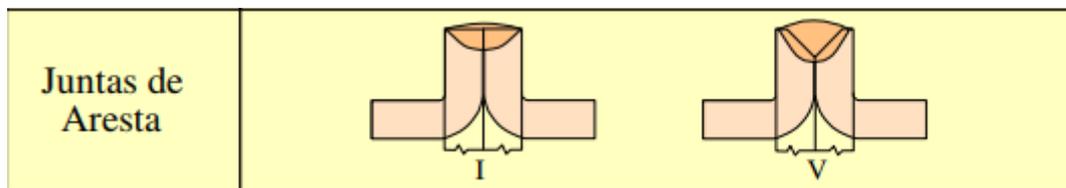


Figura 4: juntas de aresta

Fonte: <file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf>

#### 4.4. Junta sobreposta:

Junta formada por dois componentes a soldar, de tal maneira que suas superfícies se sobreponham.

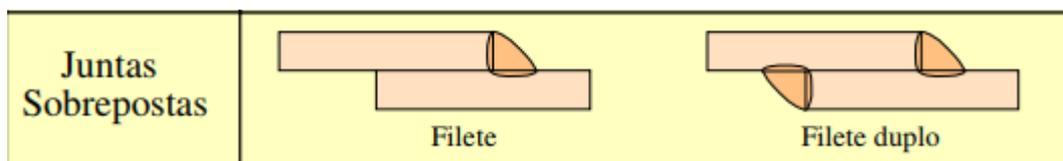


Figura 5: juntas sobreposta

Fonte: <file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf>

#### 4.5. Junta ângulo:

Junta em que, numa seção transversal, os componentes a soldar apresentam-se em forma de um ângulo. As juntas podem ser em ângulo em quina, em “L”, em “T” e de ângulo em ângulo.

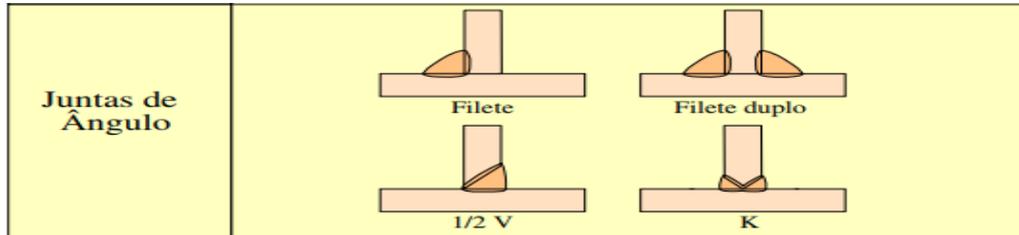


Figura 6: juntas de ângulo

Fonte: <file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf>

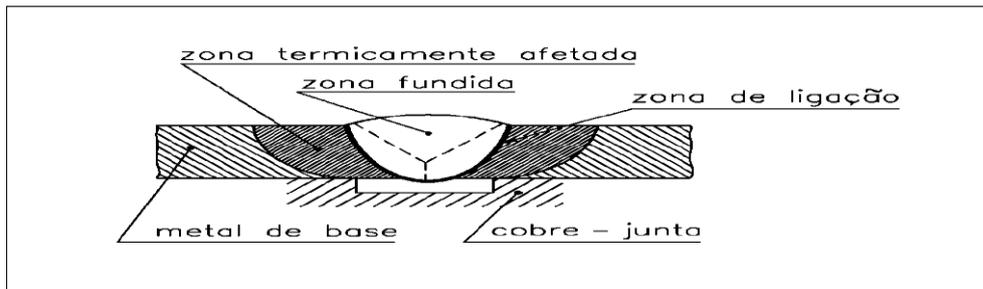
## 5. METALURGIA DA SOLDADA

A metalurgia da soldagem consiste em estudar os efeitos das operações de soldagem sobre a estrutura e propriedades dos materiais. O simples fato de se usar calor nos processos de soldagem implica em alterações na microestrutura do material metálico, na maioria dos casos, a soldagem reproduz no local da solda os mesmos fenômenos que ocorrem durante um processo de fundição. Ou seja, do ponto de vista da estrutura metalográfica, o material apresenta características de metal fundido.

Por isso, não podemos nos esquecer de que, às vezes, o metal após sofrer aquecimento, tem suas características mecânicas afetadas. Assim, a junta soldada pode se tornar relativamente frágil. Na zona afetada termicamente, a estrutura do metal pode ser modificada pelo alto aquecimento e rápido resfriamento durante o processo de soldagem. A composição química fica, praticamente inalterada.

Dependendo do processo de soldagem que se use, e da natureza dos metais que estão sendo soldados, teremos um maior ou menor tamanho da zona afetada termicamente. Por exemplo, na soldagem manual ao arco com eletrodos revestidos finos, a zona afetada termicamente é menor do que na soldagem a gás. É nessa zona que uma série de fenômenos metalúrgicos ocorre.

A imagem a seguir mostra as regiões afetadas termicamente



*Figura 7: zona afetada termicamente*

Fonte: file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf

Na região próxima à junta soldada, está a zona de ligação, na qual se observa uma transição entre a estrutura do metal fundido e a do metal de base. Próximo a essa faixa, está a zona afetada termicamente na qual o metal é superaquecido de modo que haja um aumento do tamanho do grão e, portanto, uma alteração das propriedades do material. Essa faixa é normalmente a mais frágil da junta soldada.

À medida que aumenta a distância da zona fundida, praticamente não há diferenças na estrutura do material porque as temperaturas são menores.

## **5.1. Processo de soldagem**

A maioria dos processos de soldagem necessita da geração de altas temperaturas locais que permitem a junção dos metais. O tipo da fonte de calor é frequentemente usado como descrição básica do tipo do processo, como por exemplo, soldagem a gás e soldagem a arco.

Um dos maiores problemas da soldagem de metais é que eles reagem rapidamente com a atmosfera quando sua temperatura aumenta. O método de proteger o metal quente do ataque da atmosfera é a segunda característica mais importante de distinção entre os processos.

As técnicas variam de recobrimento com fluxos, que formam uma escória protetora, até proteção com gases inertes. Em algumas circunstâncias a atmosfera é removida por meio de vácuo.

Alguns processos foram desenvolvidos para aplicações muito específicas enquanto outros são flexíveis e podem ser utilizados em vários tipos de atividades de soldagem.

Embora a soldagem seja usada principalmente para junção de metais similares e dissimilares, ela também é usada para reparar e reconstruir componentes desgastados ou danificados.

Existe ainda uma crescente gama de aplicações para o revestimento duro de partes novas, originando superfícies com resistência a corrosão, abrasão, impacto e desgaste.

## **6. SOLDAGEM DOS AÇOS**

Classificação dos Aços: Existem muitos tipos de aços e inúmeras formas de classificá-los: aços estruturais, aços fundidos, aços ferramenta, aços inoxidáveis, aços laminados a quente, aços micro ligados, aços de baixo carbono, aços ao níquel, aços cromo-molibdênio, aço C-1020, aço A36, aço temperado e revenido, aço efervescente, etc.

Um sistema muito usado para a classificação de aços é a Designação Numérica de Aços Carbono e Aços Ligados do American Iron and Steel Institute. Este é conhecido como o sistema de classificação AISI ou como sistema SAE, uma vez que foi desenvolvido originalmente pela Society of Automotive Engineers. O sistema utiliza uma série de quatro ou cinco números para designar aços carbono de acordo com as classes e tipos mostrados na figura 8. Os dois (ou três) últimos dígitos deste sistema indicam o valor médio aproximado da faixa de carbono do aço; por exemplo, 21 indica uma faixa de 0,18 a 0,23%C. Em alguns poucos casos, esta regra não é seguida para se informar as faixas de manganês, enxofre, fósforo, cromo e outros elementos. Os primeiros dois dígitos indicam os principais elementos de liga do aço. Assim, este sistema informa os principais elementos de liga do aço e o seu teor aproximado de carbono.

### **6.1. Aços Carbono**

*Tabela 1: Tabela*

Nº SAE	C	Mn	P (max)	S (max)	Nº AISI
1006	0,08 max.	0,25-0,40	0,040	0,050	C1006
1010	0,08-0,13	0,30-0,60	0,040	0,050	C1010
1015	0,13-0,18	0,30-0,60	0,040	0,050	C1015
1016	0,13-0,18	0,60-0,90	0,040	0,050	C1016
1020	0,18-0,23	0,30-0,60	0,040	0,050	C1020
1022	0,18-0,23	0,70-1,00	0,040	0,050	C1022
1025	0,22-0,28	0,30-0,60	0,040	0,050	C1025
1030	0,28-0,34	0,60-0,90	0,040	0,050	C1030
1040	0,37-0,44	0,60-0,90	0,040	0,050	C1040
1045	0,43-0,50	0,60-0,90	0,040	0,050	C1045
1050	0,48-0,55	0,60-0,90	0,040	0,050	C1050
1055	0,50-0,60	0,60-0,90	0,040	0,050	C1055
1060	0,55-0,65	0,60-0,90	0,040	0,050	C1060
1065	0,60-0,70	0,60-0,90	0,040	0,050	C1065
1070	0,65-0,75	0,60-0,90	0,040	0,050	C1070
1074	0,70-0,80	0,50-0,80	0,040	0,050	C1074

*de*  
*aços carbono de acordo com as classes e tipos*

Fonte: file:///D:/soldagem/Tecnologia.pdf

## 7. DEFEITOS DA SOLDAGEM

Com as condições técnicas de soldagem corretas e com os materiais também corretos o processo de soldagem resultará em alta qualidade. Entretanto, assim como qualquer processo de soldagem, os defeitos de solda podem ocorrer. A maioria dos defeitos encontrados na soldagem é causada por práticas de soldagem inadequadas. Uma vez que as causas sejam determinadas, o operador pode facilmente corrigir o problema. Defeitos usualmente encontrados incluem falta de penetração, falta de fusão, mordedura, porosidade e trincas longitudinais.

### 7.1. Defeitos no processo de soldagem

A engenharia sempre aceitou imperfeição e trabalha com tolerâncias. Tolerâncias é o termo que define o grau de aceitação diante da imperfeição. Por esse motivo, há normas técnicas que tratam das tolerâncias na engenharia, como, por exemplo, a NBR ISSO 2768-1.

Entende-se por imperfeição toda e qualquer diferença em relação ao projeto da peça. Os valores pré-escritos em projetos são os valores nominais e aqueles medidos na peça soldada são os valores reais. A diferença entre estes valores é a medida das imperfeições. As imperfeições são inevitáveis na engenharia, mais podem ser aceitáveis. Elas só serão consideradas defeitos, portanto inaceitáveis, se superarem determinados limites, fixados pelo projeto da peça soldada como critérios de aceitação.

## 8. TIPOS DE IMPERFEIÇÕES ENCONTRADAS EM MATERIAIS METÁLICOS

**8.1. Falta de penetração:** Esse tipo de defeito é encontrado em um dos três casos veja a Figura 8:

- Quando o cordão de solda não penetrar completamente na espessura do metal base
- Quando dois cordões de solda opostos não se interpenetram.
- Quando o cordão de solda não penetrar na garganta de uma junta em ângulo.
- A corrente de soldagem é o parâmetro que tem o maior efeito na penetração.

A penetração incompleta é normalmente causada pela aplicação de uma corrente de soldagem muito baixa e pode ser evitada simplesmente aumentando essa corrente de soldagem. Outras causas podem ser o emprego de uma velocidade de soldagem muito baixa e um ângulo incorreto da tocha. Ambas permitirão que a poça de fusão passe à frente do arco, atuando como um amortecimento à penetração. O arco deve ser mantido na margem anterior da poça de fusão.



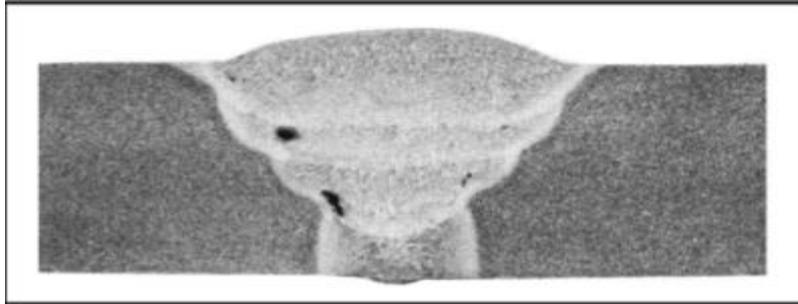
*Figura 8: falta de penetração*

Fonte: <http://www.ufjf.br>

### 8.2. Falta de fusão

Falta de fusão ocorre onde não existir fusão entre o metal de solda e as superfícies do metal base. Este defeito pode ser observado na Figura 9. A causa mais comum de falta de fusão é uma técnica de soldagem deficiente. Ou a poça de fusão fica muito larga (por causa de uma velocidade de soldagem muito baixa) e/ou o metal de solda passou à frente do arco. Mais uma vez, o

arco deve ser mantido na margem anterior da poça de fusão. Quando isso é feito, a poça de fusão não ficará muito larga e não poderá “amortecer” o arco.



*Figura 9: falta de fusão*

Fonte: <http://www.ufjf.br>

Outra causa é o uso de uma junta de solda muito larga. Se o arco for dirigido diretamente para o centro da junta, o metal de solda fundido apenas fluirá e fundir-se-á contra as paredes do chanfro sem, porém, fundi-las. O calor do arco deve ser usado também para fundir o metal de base, o que é alcançado tornando a junta mais estreita ou dirigindo o arco também para as paredes do chanfro. Na soldagem multipasses de juntas espessas deve ser adotada uma técnica de oscilação sempre que possível após o passe de raiz. No entanto, cordões de solda muito largos ligando os dois lados do chanfro devem ser evitados. A falta de fusão também pode ocorrer na forma de uma gota fria. Esse defeito é geralmente causado por uma velocidade de soldagem muito baixa na tentativa de se depositar uma camada em um único passe de solda. Entretanto, é frequentemente causado por uma tensão de soldagem muito baixa. Como resultado, a molhabilidade do cordão de solda fica ruim.

### **8.3. Mordedura**

A mordedura é um defeito que aparece como um entalhe no metal de base ao longo das bordas do cordão de solda. É muito comum em juntas em ângulo sobrepostas, porém pode também ser encontrada em juntas de topo e em ângulo. Esse tipo de defeito é mais comumente causado por parâmetros de soldagem inadequados, particularmente a velocidade de soldagem e a tensão do arco. Como está ilustrado na Figura 10.



*Figura 10: mordedura*

Fonte: <http://www.ufjf.br>

Quando a velocidade de soldagem é muito alta, o cordão de solda fica com uma crista por causa da solidificação extremamente rápida. As forças da tensão superficial arrastaram o metal fundido ao longo das margens do cordão de solda e acumularam-se ao longo de seus centros.

As partes fundidas do metal de base são afetadas da mesma maneira. O entalhe da mordedura fica onde o metal de base fundido foi arrastado para a solda e não retornou devido à rápida solidificação.

A diminuição da velocidade de soldagem reduzirá gradualmente o tamanho da mordedura e eventualmente eliminá-la-á. Quando estão presentes mordeduras pequenas ou intermitentes, aumentar a tensão do arco ou soldar empurrando podem ser ações corretivas e eficazes.

Em ambos os casos o cordão de solda ficará mais plano e a molhabilidade será melhor.

Entretanto, quando a tensão do arco é aumentada até níveis excessivos, a mordedura poderá aparecer novamente. Esse fato é particularmente verdadeiro no modo de transferência por spray. Quando o arco se torna muito longo, também se torna muito largo, que resulta em um aumento da quantidade de metal de base fundido.

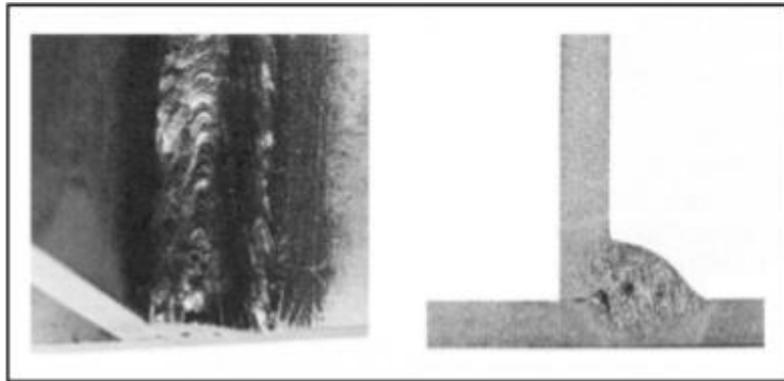
No entanto, a transferência de calor de um arco longo é ruim, e assim, na realidade, o arco não está transferindo mais calor para a região da solda. As áreas mais externas se resfriam muito rapidamente e novamente não se consegue uma boa molhabilidade. O comprimento do arco deve ser mantido curto, não só para evitar mordeduras, mas.

Também para aumentar a penetração e garantir a integridade da solda. Correntes de soldagem excessivas também podem causar mordeduras. A força e o calor do arco e a penetração são tão grandes que o metal de base sob o arco é realmente "soprado" para fora. Mais uma vez, as áreas mais externas do metal de base são fundidas, mas se solidificam rapidamente. A turbulência da poça de fusão e a tensão superficial não permitem que a poça de fusão molhe adequadamente o metal de base. É sempre recomendável

permanecer dentro das faixas de corrente especificadas para cada diâmetro de arame.

#### 8.4. Porosidade

A porosidade consiste em poros de gás que podem ser encontrados na superfície ou no interior do cordão de solda solidificado. Como está ilustrado na Figura 11, esses poros podem variar em tamanho e são geralmente distribuídos em uma forma aleatória. Entretanto, também é possível que a porosidade seja encontrada apenas no centro da solda.



*Figura 11: porosidade*

Fonte: <http://www.ufjf.br>

As causas mais comuns da porosidade são a contaminação atmosférica, excesso de oxidação nas superfícies das peças a serem soldadas, elementos de liga desoxidantes inadequados no arame e a presença de sujeira. A contaminação atmosférica pode ser causada por:

- Vazão de gás de proteção insuficiente.
- Vazão de gás excessiva, que pode causar aspiração de gás para dentro do fluxo do gás de proteção.
- Bocais obstruídos ou sistemas de distribuição de gás danificado.
- Corrente de ar na região da soldagem, podendo afastar o gás da região onde está sendo soldada.

Os gases atmosféricos que são previamente responsáveis pela porosidade no aço são o nitrogênio e o oxigênio em excesso. No entanto, uma quantidade considerável de oxigênio pode ser tolerada sem gerar porosidade

na ausência do nitrogênio. O oxigênio na atmosfera pode causar problemas graves com o alumínio por causa da rápida formação de óxidos. A vazão de gás deve ser inspecionada em intervalos regulares para assegurar que esteja livre de vazamentos. A umidade excessiva na atmosfera pode causar porosidade no aço e particularmente no alumínio. Sob climas úmidos deve ser tomado um cuidado especial. Por exemplo, tochas resfriadas continuamente a água podem apresentar condensação durante os períodos de alta umidade e conseqüentemente contaminar o gás de proteção.

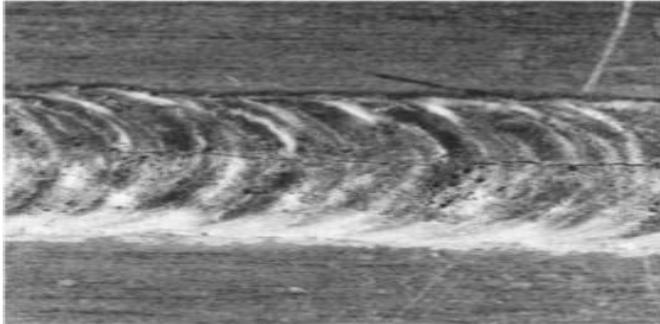
A porosidade pode ser causada por uma desoxidação inadequada do arame de solda durante a soldagem de aços semi - acalmados ou efervescentes. O oxigênio no aço pode causar porosidade por monóxido de carbono (CO) se os elementos desoxidantes adequados não estiverem presentes.

A sujeira orgânica também pode ser uma fonte de porosidade. Um exemplo é o lubrificante em excesso no arame de solda.

Outras causas de porosidade podem ser taxas de solidificação da solda extremamente altas e características de arco errático. Quando as taxas de solidificação são muito altas, qualquer gás que normalmente escaparia ficaria aprisionado. Devem ser evitados velocidades de soldagem muito altas e valores de corrente muito baixos. Características de arco errático podem ser causadas por condições de soldagem ruins (tensão muito baixa ou muito alta, transferência de metal ruim) e variação na velocidade de alimentação do arame. Todas essas ocorrências causam uma turbulência violenta na poça de fusão, que tende a romper o gás de proteção e provoca a contaminação da poça de fusão pela atmosfera.

## **8.5. Trincas Longitudinais**

Trincas longitudinais ou de centro do cordão de solda. Essas trincas só podem ser de dois tipos: trincas a quente e trincas a frio. Trincas a quente típicas são ilustradas na Figura 12. Trincas a quente são aquelas que ocorrem enquanto o cordão de solda está entre as temperaturas de fusão na linha liquidus e de solidificação na linha solidus. Nessa faixa de temperatura o cordão de solda está pastoso. Trincas a quente normalmente resultam do uso de um arame de solda incorreto. A composição química do metal de base também pode levar a esse defeito (um exemplo seria um fundido de aço inoxidável de alto carbono). Qualquer combinação de projeto de junta, condições e técnicas de soldagem que resulte num cordão de solda com uma superfície extremamente côncava poderá acarretar em uma fissuração.

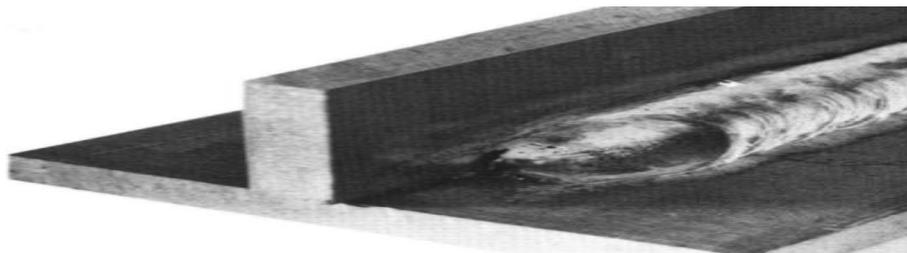


*Figura 12: trincas longitudinais*

Fonte: <http://www.ufjf.br>

### **8.6. Trinca de cratera**

Trinca de cratera, são pequenas trincas que aparecem no final do cordão de solda onde o arco foi interrompido. Embora são pequenas, essas trincas são perigosas, pois podem se propagar para o interior do cordão de solda. Uma trinca de cratera está ilustrada na Figura 13. O principal motivo desse defeito é a técnica incorreta de terminar o cordão de solda.



*Figura 13: trinca de cratera*

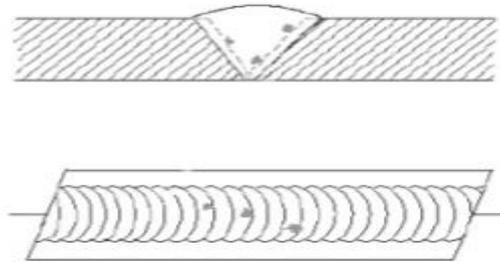
Fonte: <http://www.ufjf.br>

Para terminar corretamente um cordão de solda, a cratera deve ser preenchida, o que pode ser feito retornando com o arco antes de interrompê-lo. Adicionalmente, se o controle de soldagem for programado para fornecer gás de proteção por um curto período de tempo após a interrupção do arco, a cratera deve ser protegida até que esteja completamente solidificada.

### **8.7. Inclusões**

Inclusões com processos que utilizam fluxo é possível que algumas partículas desse fluxo sejam deixadas para trás, formando inclusões no cordão

de solda. É mais provável de as inclusões ocorrerem entre passes subsequentes ou entre o metal de solda e o chanfro do metal de base. A causa mais comum é a limpeza inadequada entre passes agravada por uma técnica de soldagem ruim, com cordões de solda sem concordância entre si ou com o metal de base. Assim como na porosidade, inclusões isoladas não são muito danosas às propriedades mecânicas, porém inclusões alinhadas em certas posições críticas como, por exemplo, na direção transversal à tensão aplicada, podem iniciar o processo de fratura. Há outras formas de inclusões que são mais comuns em soldas de ligas não ferrosas ou de aços inoxidáveis do que em aços estruturais.



*Figura 14: inclusões*

Fonte: <https://pt.slideshare.net>

### **8.8. Trincas de solidificação**

A maioria dos aços pode ser soldada com um metal de solda de composição similar à do metal de base. Muitos aços com alto teor de liga e a maioria das ligas não ferrosas requerem eletrodos ou metal de adição diferentes do metal de base porque possuem uma faixa de temperatura de solidificação maior do que outras ligas. Isso torna essas ligas suscetíveis à fissuração de solidificação ou a quente, que pode ser evitada mediante a escolha de consumíveis especiais que proporcionam a adição de elementos que reduzem a faixa de temperatura de solidificação. A fissuração a quente também é fortemente influenciada pela direção de solidificação dos grãos na solda veja a figura 15. Quando grãos de lados opostos crescem juntos numa forma colunar, impurezas e constituintes de baixo ponto de fusão podem ser empurrados na frente de solidificação para formar uma linha fraca no centro da solda. Soldas em aços de baixo carbono que porventura possam conter alto teor de enxofre podem se comportar dessa forma, de modo que pode ocorrer fissuração no centro da solda. Mesmo com teores normais de enxofre pode ainda existir a linha fraca no centro da solda que pode se romper sob as

deformações de soldagem, sendo por este motivo que cordões de penetração muito profunda são normalmente evitados.

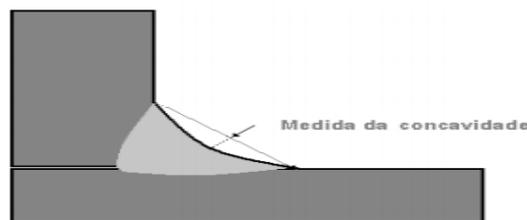


*Figura 15: trinca de solidificação*

Fonte: <http://www.soldasoft.com.br>

### 8.9. Concavidade

Concavidade é o lado interno de uma superfície curva. A medida da concavidade é a sua altura em relação a uma corda numa solda a corda de referencia é o segmento de reta que une os pés da solda, numa secção reta, portanto quando a secção reta da solda não ultrapassa o segmento que une os pés da solda, a solda é côncava.

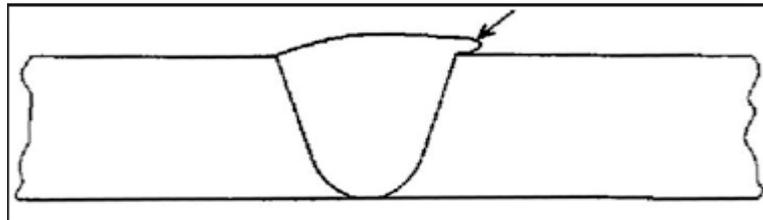


*Figura 16: concavidade*

Fonte: <http://www.soldasoft.com.br>

### 8.10. Sobreposição

Sobreposição é o excesso de derramamento de metal sobre o metal de base, na margem da solda para além do pé da solda nesta porção não há solubilização com o metal de base. Há somente aderência.



*Figura 17: sobreposição*

Fonte: <http://www.soldasoft.com.br>

### **8.11. Desalinhamento**

Translação entre os elementos a unir em relação a posição estabelecida em projeto. Esta translação é devida a má preparação da junta (posicionamento e fixação) para a soldagem consecutiva.



*Figura 18: desalinhamento*

Fonte: <http://www.soldasoft.com.br>

## **9. CONCLUSÃO**

A pesquisa de defeitos de soldagem em materiais metálicos desenvolvida no relatório tem grande importância em informar ao profissional da área os defeitos existentes em materiais metálicos.

Este relatório abre a possibilidade de novas pesquisas, melhorando, comentando e inserindo novos conteúdos para estar informando ao profissional. Conclui-se que esta pesquisa seja de caráter informativo podendo proporcionar um melhor entendimento clareza.

## **10. REFERENCIAS**

[file:///D:/19\\_apostilasoldagem.pdf](file:///D:/19_apostilasoldagem.pdf)

<file:///D:/soldagem/Tecnologia%20da%20Soldagem%202013%20-%20Prof.%20Amilton%20Cordeiro.pdf>

<https://www.esab.com.br/br/pt/education/apostilas/upload/apostilametalurgiasoldagem.pdf>

<http://www.fatecsorocaba.edu.br/nucleos/NUPETS/Dispositivo-Fixacao-Em-angulos-Para-Soldagem-JeSSICA-BRAGA.pdf>

<http://cursos.unisanta.br/mecanica/ciclo10/CAPIT10.pdf>

<http://www.soldasoft.com.br/portal/generalidades/Terminologia%20das%20imperfei%C3%A7%C3%B5es%20da%20soldagem.pdf>

<http://www.ufjf.br/profab/files/2016/09/ESAB-Apostila-MIG-MAG.pdf>

<http://www.crr.com.br/rodas-poliuretano>

<http://www.rodiline.com.br/catalogo.html>

<http://www.acoscontinente.com.br/secao/30/tubo-industrial-quadrado>

<https://pt.slideshare.net/LucasAmorim7/defeitosesoldagem>

<https://www.secotools.com/#article/84570?q=R220.53-0100-12-12A>

<https://www.secotools.com/#article/84570?q=SEM1204AFTN-M15>

## 11. ANEXOS

### Período da pesquisa

<b>Atividades</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>	<b>Outubro</b>	<b>Novembro</b>	<b>Dezembro</b>
Revisão bibliográfica	<b>Ok</b>				
Pesquisa de campo		<b>Ok</b>			
Desenvolvimento da pesquisa			<b>Ok</b>		
Análise da pesquisa				<b>Ok</b>	
Relatório final					<b>Ok</b>

## Defeitos de soldagem em materiais metálicos

Lucas Henrique da Silva , Amilton Cordeiro

Núcleo de Pesquisa e Estudo em Tecnologia da Soldagem - NUPETS

Email: [Lucas27hs@hotmail.com](mailto:Lucas27hs@hotmail.com)

### 1 INTRODUÇÃO

Essa pesquisa tem como o objetivo mostra os defeitos de soldagem em materiais metálicos, a engenharia sempre aceitou imperfeição e trabalha com tolerâncias, tolerâncias é o termo que define o grau de aceitação diante da imperfeição, elas só serão consideradas defeitos ou imperfeições inaceitáveis, se superarem determinados limites, fixados pelo projeto da peça soldada como critérios de aceitação.

Nesta pesquisa, saber sobre a importância dos defeitos de soldagem em materiais metálicos será de grande importância, possibilitando ao operador a não cometer parâmetros que ocasionem alguns defeitos e danificando a estrutura do material.

A pesquisa tem como orientação para o profissional do processo de soldagem sobre os defeitos existentes, a importância do estudo diminui a chances de se provocar algum defeito.

### 2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal dessa pesquisa é comentar e mostrar os defeitos de soldagem em materiais metálicos, estar comentando sobre juntas e soldabilidade dos aços.

### 3 METODOLOGIA

Esse relatório foi utilizado o método de pesquisa exploratório com a finalidade de analisar os defeitos de soldagem em materiais metálicos já existentes através de um estudo profundo para que possa ser trabalhado e aplicar em um método empírico.



### 4 DEFEITOS NO PROCESSO DE SOLDAGEM

A engenharia sempre aceitou imperfeição e trabalha com tolerâncias. Tolerâncias é o termo que define o grau de aceitação diante da imperfeição. Por esse motivo, há normas técnicas que tratam das tolerâncias na engenharia, como, por exemplo, a NBR 1880-1.

Entende-se por imperfeição toda e qualquer diferença em relação ao projeto da peça. Os valores prescritos em projetos são os valores nominais e aqueles medidos na peça soldada são os valores reais. A diferença entre estes valores é a medida das imperfeições. As imperfeições são inevitáveis na engenharia, mais podem ser aceitáveis.

Elas só serão consideradas defeitos, portanto inaceitáveis, se superarem determinados limites, fixados pelo projeto da peça soldada como critérios de aceitação.

### 5 TIPO S DE DEFEITO S IMPERFEIÇÃO S ENCONTRADA S EM MATERIAI S METALICO S

- Falta de penetração
- Falta de fusão
- Mordedura
- Porosidade
- Trincas Longitudinais
- Trinca de orfara
- Inclusões
- Trincas de solidificação
- Concavidade
- Sobreposição
- Desalinhamento

### 6 CONCLUSÃO S

A pesquisa de defeitos de soldagem em materiais metálicos desenvolvida no relatório tem grande importância em informar ao profissional da área os defeitos existem em materiais metálicos.

Este relatório abre a possibilidade de novas pesquisas, melhorando, comentado e inserindo novos conteúdos para estar informando ao profissional. Conclui-se que esta pesquisa seja de caráter informativo podendo proporcionar um melhor entendimento clareza.

### 7 REFERÊNCIA S

CORDEIRO, Profº M.sc. Amilton. *Tecnologia de soldagem 2013*. Disponível em: <<file:///D:/soldagem/Tecnologia%20da%20Soldagem%202013%20-%20Prof.%20Amilton%20Cordeiro.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2018.

CORDEIRO, Profº M.sc. Amilton. *Defeitos na soldagem*. Disponível em: <<file:///D:/soldagem/TS%20-%20aula%2005%20Defeitos%20na%20soldagem.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2018.

QUITES, Profº Almir. *Terminologia das imperfeições de soldagem*. Disponível em: <<http://www.soldasoft.com.br/portal/generalidades/Terminologia%20das%20imperfeicoes%20C3%A7%C3%B5es%20da%20soldagem.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.