

## **INFLUÊNCIA DO METAL DE ADIÇÃO NA SOLDAGEM DE AÇOS DISSIMILARES PELO PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW**

**Uiliam Zunchetta<sup>1</sup>**

**Adelor Felipe da Costa<sup>2</sup>**

**Resumo:** Os processos de soldagem estão cada vez mais presentes no desenvolvimento de máquinas, logo torna-se importante estar sempre se atualizando sobre este assunto. Levando em consideração os custos envolvidos nos processos de soldagem comparado a outros processos de fabricação, é importante escolher com cuidado o tipo de consumível a ser utilizado na realização da soldagem, pois a escolha errada pode acarretar um gasto desnecessário e dessa forma aumentar o custo final de produção. O presente artigo tem por objetivo realizar um estudo entre dois consumíveis, o ER 70S-6 e o ER 80S G aplicados na soldagem dos aços dissimilares SAE 1010 e patinável. Para validar a união soldada em diferentes aplicações foram realizados os ensaios de resistência a tração e dobramento para verificar se é possível ocorrer a substituição de um arame pelo outro. Este estudo mostra que os dois tipos de arames obtiveram praticamente as mesmas resistências a tração e nenhuma imperfeição quando submetidos ao ensaio de dobramento. Logo, seria possível utilizar o arame de solda ER 70S-6, que é um consumível com custo inferior, mantendo a resistência e qualidade quando comparado com o ER 80S G. Dessa forma foi obtida uma redução de custo de 45,10% por quilograma de consumível de solda.

**Palavras-chave:** Soldagem GMAW. Metal de Adição. Aços Dissimilares. Aços Patináveis.

### **1 INTRODUÇÃO**

A realização de um processo de soldagem em aços dissimilares traz sempre algumas dúvidas, como quais arames de solda utilizar e se o resultado final após o processo realizado será positivo e eficiente. Para sanar essas questões, se faz necessário realizar pesquisas sobre os tipos de aços, o processo de soldagem a se utilizar e quais serão os consumíveis.

É comum na indústria o pedido de um alto volume de produção, com uma boa qualidade e custo inferior. Para isso, pensou-se na possibilidade de substituição de um tipo de arame de solda que tem um valor consideravelmente alto por outro arame de solda com um valor inferior. A motivação da realização do estudo se da pelo

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Mecânica. E-mail: zunchetta@outlook.com

<sup>2</sup> Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: adelor.costa@satc.edu.br



fato de que seja possível diminuir os custos de produção e manter a mesma qualidade na juntas soldadas.

O presente artigo tem como proposta utilizar os conhecimentos adquiridos das disciplinas de tecnologia de soldagem e de ciências dos materiais para realizar um estudo da influência do metal de adição de aços dissimilares no processo de soldagem GMAW, ou seja, realizar a união de chapas de aço SAE 1010 com aço patinável (corten ou COR-TEM) utilizando arames de solda ER 80S G e ER 70S-6. Assim, construindo quatro combinações de chapas com os arames de solda.

Após serem realizadas as combinações com as chapas, será dado início a preparações dos corpos de provas, que serão cortados no corte a laser para não alterar as características do material a ser analisado e enfim realizar os ensaios de resistência a tração e dobramento raiz na área soldada utilizando os equipamentos existentes no Centro Universitário UniSATC.

Por meio deste estudo será possível verificar a influência que os metais de adição têm no processo de soldagem de aços dissimilares, considerando aspectos de resistência mecânica. Assim identificando qual metal de adição tem o melhor desempenho e realizando uma comparação para encontrar o de melhor custo-benefício.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo será apresentado os principais assuntos e conceitos desde trabalho, como o aço SAE 1010, aço patinável (Corten ou COR-TEM), processo de soldagem GMAW, metal de adição ER 80S G e ER 70S-6, ensaio de resistência a tração e ensaio de resistência dobramento raiz.

### **2.1 AÇO SAE 1010**

O aço SAE 1010 trata-se de uns dos aços mais comuns que existem, tendo uma composição com um baixo de teor de carbono e sendo muito utilizado em fabricações de produtos tais como, rodas de automóveis, proteções de máquinas e equipamentos, entre outras inúmeras aplicações (NEVES et al., 2018).

A composição do aço SAE 1010 se dá pela união de cinco elementos



químicos, o Ferro (Fe), Manganês (Mn), Enxofre (S), Fósforo (P) e pelo Carbono (C). Este aço tem percentual de carbono entre 0,08% a 0,13%. Vale lembrar que o aço SAE 1010 apresenta uma resistência baixa, porém pode ser aumentada através de realizações de tratamentos térmicos (NEVES et al., 2018).

A denominação SAE vem das normas da *Society of Automotive engineers-USA*, que tem como objetivo normalizar os materiais que se usam em indústrias automotivas. Já a numeração 1010 é devido a uma classificação que tem por objetivo caracterizar os materiais metálicos. Por exemplo, os aços são divididos em aços comuns ou ligados por classe de teor de carbono. Usinabilidade, tenacidade e soldabilidade são algumas das características de um aço SAE 1010 (CONCEIÇÃO et al., 2019).

## 2.2 AÇO PATINÁVEL (CORTEN OU COR-TEM)

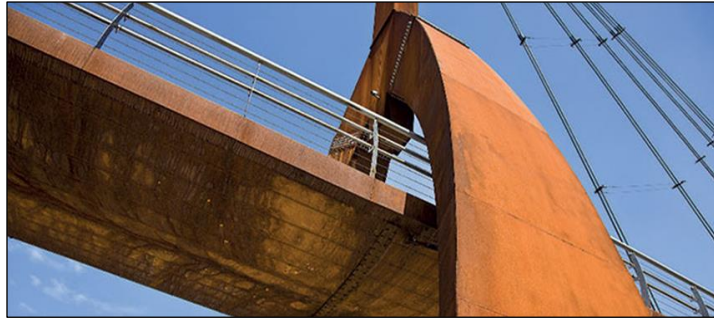
O aço patinável ou aço corten foi desenvolvido no início do ano de 1930 pela companhia norte americana *United States Steel Corporation*. Para isto eles enriquecerem um aço com pequenas quantidades de cobre e fósforo, entre outros elementos, assim obtendo uma grande redução no processo de corrosão quando este aço é exposto ao ar (PANNON, 2022).

Esse aço tinha grande uso nas indústrias ferroviárias, onde eram construídos vagões com massas menores e pela sua característica, notou-se que houve uma melhora relativa no desgaste por corrosão dos vagões. Em 1958 foi utilizado o aço patinável em obras e por causa da camada de pátina que se formou no aço, começou-se a utilizar também em obras de arquitetura (PANNON, 2022).

Ao longo dos anos, os engenheiros introduziram este aço em pontes, passarelas, viadutos entre outros, devido a sua resistência mecânica superior aos aços estruturais e também por dispensar pinturas, devido o mesmo formar a pátina, que seria a camada protetora deste aço (BONAFÉ, 2021).

A seguir na Fig. 1 podemos ver o uso do aço patinável em uma ponte.

Figura 1: Ponte utilizando o aço patinável.



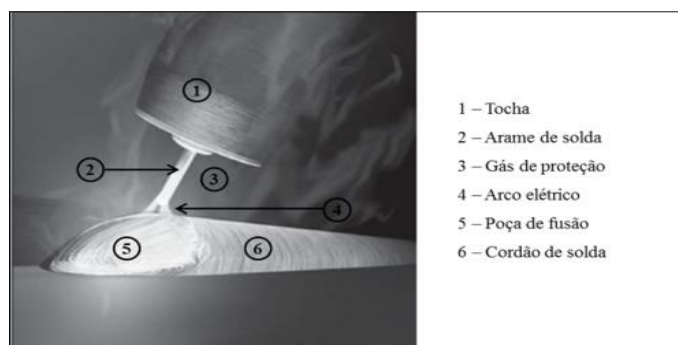
Fonte: Bonafé (2021)

A formação da pátina se dá por três fatores, o primeiro seria a sua composição química, ou seja, a presença do cobre e do fósforo. Em segundo vem os fatores ambientais tais como ciclos de umidade e frequência e velocidade dos ventos. E como terceiro fator temos então a geometria da peça, pois dependendo da estrutura e forma desta estrutura, pode haver formação de pátina diferente em suas superfícies (PANNON, 2022).

### 2.3 PROCESSO DE SOLDAGEM GMAW

O processo de soldagem GMAW, também conhecido como processo MIG/MAG trata-se da formação de um arco elétrico utilizando um arame com metal de adição com proteção gasosa, juntamente com uma fonte energia sendo ela contínua ou alternada. Materiais como arames e gás de proteção são considerados como consumíveis e são eles que classificam qual o tipo de processo de soldagem (VIDOR, 2018).

Figura 2: Processo de soldagem GMAW.



Fonte: Vidor (2018)

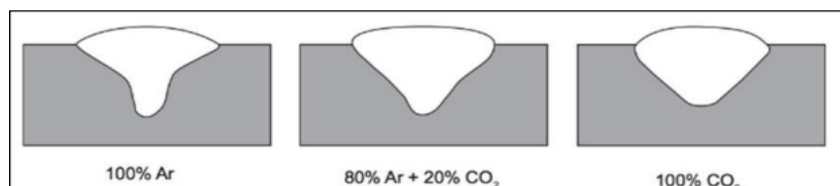
Na soldagem GMAW utiliza-se então da fonte de calor gerada pelo arco elétrico, propagando-se pelo arame, ou seja, metal de adição e assim formando a poça de fusão na junta a ser unida. Lembrando que este processo de soldagem pode ser utilizado em duas versões, automático e semiautomático (VIDOR, 2018). Na Fig. 2 acima, podemos ver a ilustração de um processo de soldagem GMAW.

### 2.3.1 Gás de proteção no processo GMAW

Os gases de proteção utilizados no sistema de soldagem GMAW, classificam se é um processo de soldagem MIG/MAG. No processo de soldagem MIG (*metal inert gas*) podemos listar o uso dos seguintes gases, hélio (He), argônio (Ar) ou a misturas destes dois gases. Já no processo MAG (*metal active gas*) podemos utilizar o oxigênio (O<sub>2</sub>), o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) ou até mesmo o CO<sub>2</sub> puro (SANTOS, 2014).

Neste processo de soldagem a composição do gás em uso é de suma importância, pois o gás é responsável pelo perfil de cordão de solda, propriedades do arco entre outros. Além do mais, dependendo do tipo de gás a ser utilizado, temos diferente perfis de penetração (SANTOS, 2014). Na Fig. 3 a seguir podemos ver os diferentes tipos de gases com suas penetrações.

Figura 3: Soldagem com diferentes tipos de gases.



Fonte: Vidor (2018)

### 2.4 METAL DE ADIÇÃO ER 70S-6 E ER 80S G

Conhecidos como arames de solda, eles têm como indicação realizar soldas em aços estruturais e em aços de baixa liga. Em sua composição pode-se encontrar baixas porcentagens de Cobre e Níquel tornando-se então mais resistentes a corrosão (SANTOS, 2014).

O que diferencia esses dois metais de adição é a sua composição química,

conforme indica a Tab. 01 retirada do site do fabricante.

Tabela 01: Composição química do metal ER 70S-6 e ER 80S G.

Composição Química (%)	
ER 70S-6	ER 80S G
C = 0,06 - 0,15 %	C = 0,06 - 0,14 %
Mn = 0,90 - 1,4 %	Si = 0,40 - 1,15 %
Si = 0,45 - 0,75 %	Mn = 1,30 - 2,10 %
P = 0,025 %	Ni = 0,90 % máx
S = 0,035 %	Cu = 0,50 % máx
Ni = 0,15 %	Mo = 0,60 % máx
Cr = 0,15 %	P = 0,025 % máx
Mo = 0,15 %	S = 0,035 % máx
Cu = 0,03 %	
V = 0,50 %	

Fonte: Delarco (2022)

## 2.5 ENSAIO RESISTÊNCIA A TRAÇÃO

O ensaio de resistência a tração em aços tem grande importância, pois através dele consegue-se verificar inúmeras propriedades do aço como por exemplo a resistência mecânica, tenacidade, elasticidade, resiliência entre outros. Este ensaio tem como prática submeter o corpo de prova, padronizado por norma, a um esforço no qual fará com que este corpo de prova se alongue até sua total ruptura (LEITE et al., 2017).

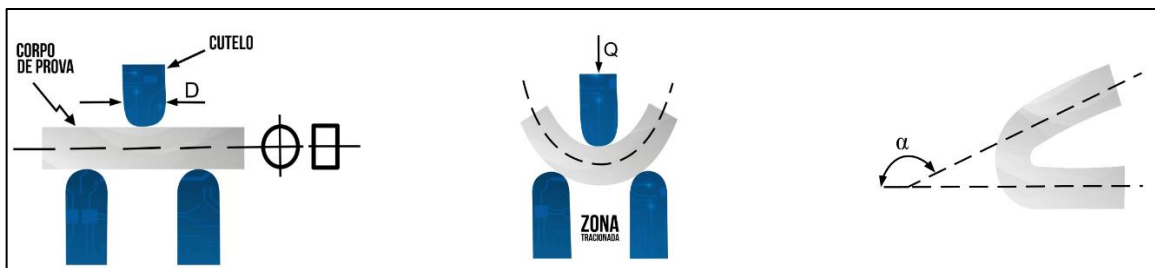
Neste ensaio nota-se que o corpo de prova vai passando pela região elástica, região plástica e enfim chegando ao final, onde acontece a ruptura dele. O resultado do teste de resistência a tração é obtido por meio de gráficos de tensão x deformação. Para realizar este teste é necessário o uso de uma máquina projetada para este tipo de serviço, contendo um suporte de fixação do corpo de prova, uma travessa móvel, extensômetros e um mostrador de carga junto de um motor para realizar o movimento da travessa móvel (HIBBELER, 2004).

## 2.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO DOBRAMENTO

Para a realização do ensaio de dobramento, são submetidos corpos de

prova padronizados pela norma AWS D1.1/D1.1M:2010, a um esforço de dobramento que realiza uma deformação plástica por flexão. É conhecido também por ser um dos ensaios mais severos pelo fato de que todo o esforço e toda a deformação se realizarão na parte da corda de solda. A seguir na Fig. 4, vemos a representação de um ensaio de dobramento (BIOPDI, 2022).

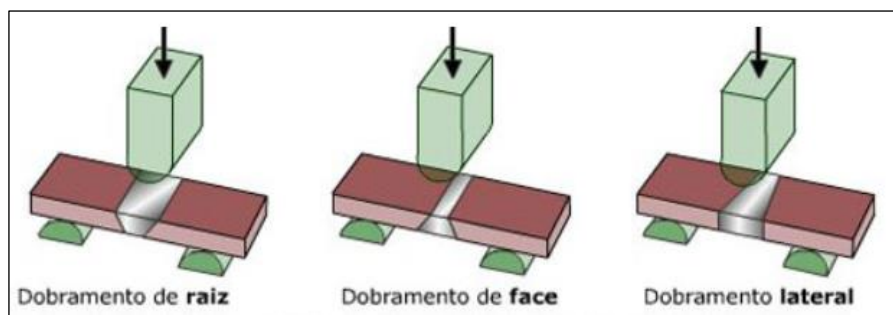
Figura 4: Demonstração de um ensaio de dobramento.



Fonte: Biopdi (2022)

Neste ensaio pode ser testado a parte de raiz ou de face da solda, lembrando que este ensaio não é capaz de quantificar a qualidade da junta soldada, somente se ela suporta ou não o esforço, não existindo meio termo. Geralmente é realizado com auxílio de uma máquina que na qual existe dois apoios afastados a uma distância e conta com a ajuda de um cutelo para realizar o dobramento até o ângulo especificado. Na Fig. 5 vemos os tipos de dobramentos existentes (MADEIRA; MODENESI, 2010).

Figura 5: Tipos de aplicação de um ensaio de dobramento.



Fonte: Biopdi (2022)

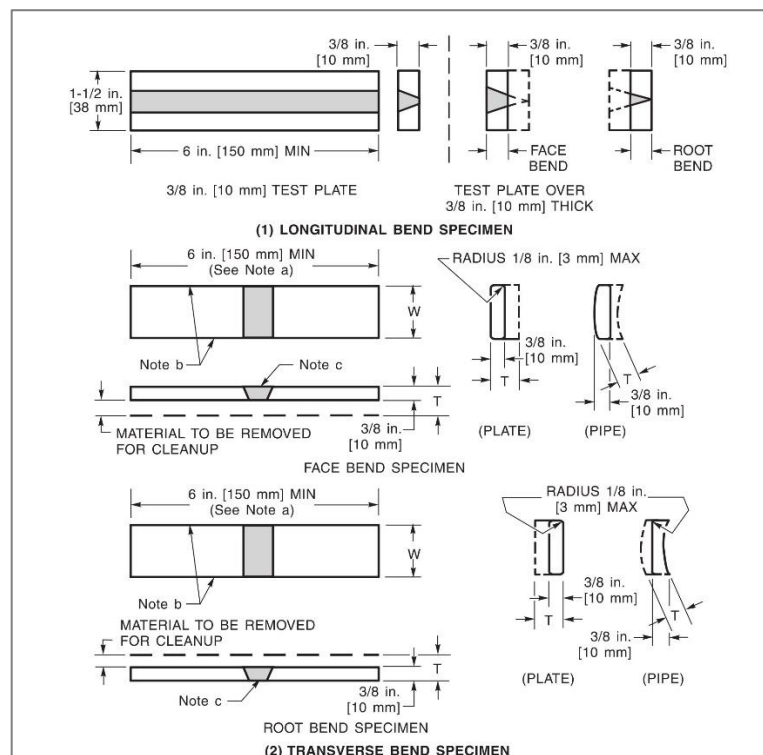
## 2.7 NORMAS TÉCNICAS CORPOS DE PROVA

A norma AWS D1.1/D1.1M:2010 tem como objetivo determinar as



características dos corpos de prova para realização de testes de resistência de junta soldada. Nela são indicados as dimensões e tipos de soldagem a serem realizados nesses corpos. Ela é voltada para materiais que contém aço de baixo carbono com espessuras de no mínimo 1/8", e tendo como limite tensão de escoamento de 690 MPa (AWS, 2010). Na Fig. 6 podemos ver a imagem da norma para corpo de prova do ensaio de dobramento.

Figura 6: Seção da norma sobre corpo de prova.



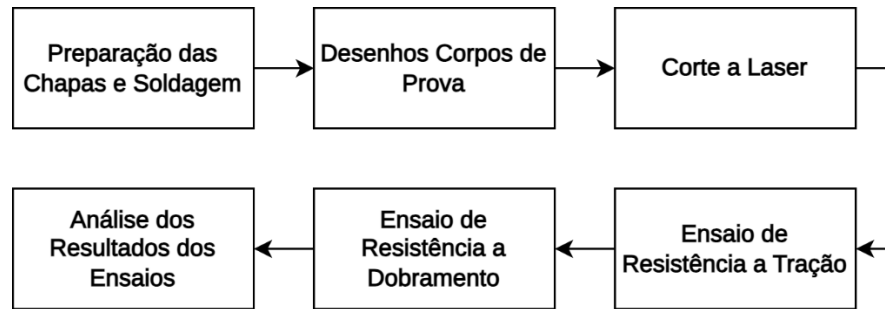
Fonte: AWS (2010)

### 3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Essa seção, consiste em mostrar as etapas desenvolvidas na realização do trabalho. Na Fig. 7, está o fluxograma desses passos.



Figura 7: Fluxograma do procedimento experimental.



Fonte: Do autor (2022)

### 3.1 COMBINAÇÃO CHAPAS TESTES DE AÇO X ARAME DE SOLDA

Nessa primeira etapa foram selecionadas duas chapas teste de aço SAE 1010 e seis chapas testes de aço patinável, com dimensão de 150x300x3mm. Foram realizadas combinações diferentes entre as chapas testes e os arames de solda como podemos ver abaixo no Qd. 1. Em seguida foram encaminhadas para realizar a solda pelo processo GMAW.

Quadro 1: Combinação dos aços e arames.

Combinações Chapas de Aço x Arame de Solda		
Chapa Teste 01	Chapa Teste 02	Arame de Solda
Aço Patinável	Aço Patinável	ER 70S-6
Aço Patinável	Aço Patinável	ER 80S G
Aço Patinável	Aço SAE 1010	ER 80S G
Aço Patinável	Aço SAE 1010	ER 70S-6

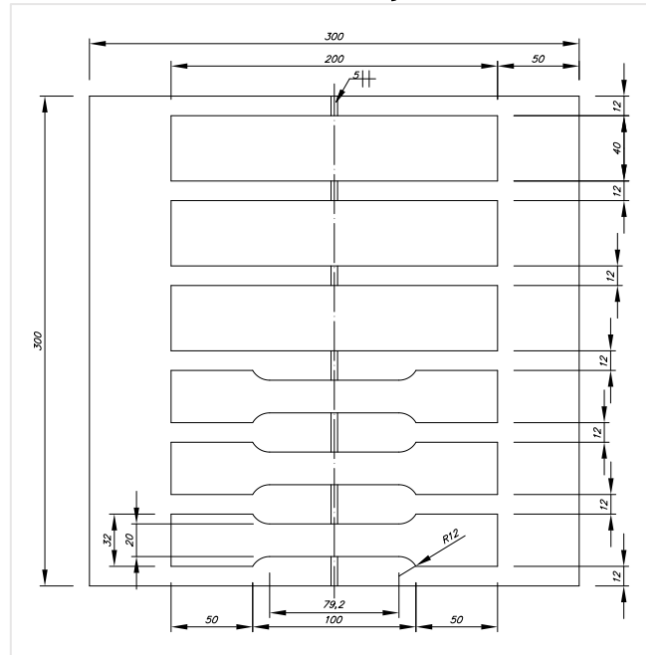
Fonte: Do autor (2022)

### 3.2 DESENHO TÉCNICO CORPOS DE PROVAS

Após preparação das chapas e soldagem, foi dado início ao desenvolvimento dos corpos de prova para os ensaios de resistência a tração e resistência a dobramento. Foram consultadas as normas técnicas e utilizado o programa Autocad para realizar o desenho para em seguida encaminhar para o corte a laser.

Na Fig. 8 pode-se ver o desenho do corpo de prova de resistência a tração e o desenho do corpo de prova para o teste de resistência a dobramento.

Figura 8: Desenho corpo de prova para o ensaio de resistência a tração e dobramento.



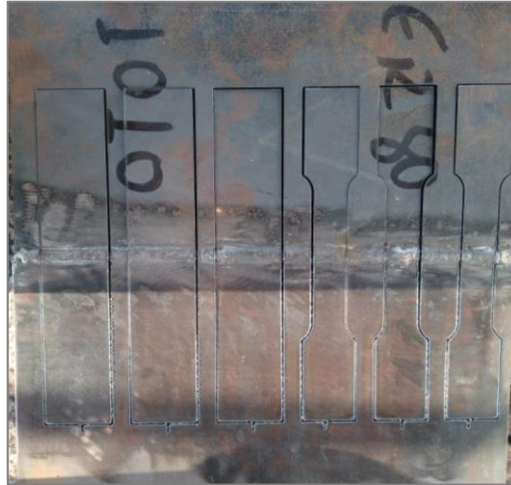
Fonte: Do autor (2022)

### 3.3 CORTE A LASER

Na próxima etapa foi realizado o corte a laser nas chapas testes. Foi escolhido o corte a laser pelo fato de que o laser não interfere nas características dos materiais a serem analisados como um corte no plasma.

Dessa forma então com os desenhos finalizados dos corpos de provas, foi realizado o corte das mesmas para que em seguida elas fossem utilizadas nos ensaios de resistência a tração e dobramento. Na Fig. 9 pode-se ver a chapa após ter sido cortada.

Figura 9: Chapa cortada.



Fonte: Do autor (2022)

### 3.4 ENSAIO RESISTÊNCIA A TRAÇÃO E DOBRAMENTO

Os ensaios foram ambos realizados no Centro Universitário UniSATC, utilizando os corpos de provas conforme a Fig. 10 a seguir.

Figura 10: Corpos de prova ensaio dobramento e tração.



Fonte: Do autor (2022)

O ensaio de resistência a tração foi realizado no Laboratório de Caracterização Microestrutural (LACAMI) da Unisatc, com o auxílio de uma Máquina Universal de Ensaio do fabricante EMIC, modelo DL 10000, podendo alcançar até 100 kN de carga. Na Fig.11 podemos ver a máquina utilizada.

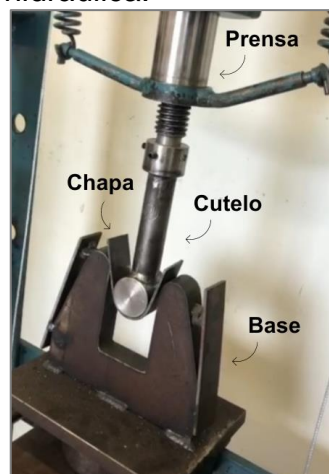
Figura 11: Máquina EMIC 1DL 10000.



Fonte: Do autor (2023)

Para a garantia dos ensaios realizados foram utilizados dois corpos de provas de cada combinação de chapas testes e arames de solda, e assim analisados os três resultados obtidos após a realização dos ensaios. O ensaio de resistência ao dobramento foi realizado também na instituição Unisatc com o auxílio do um cutelo e uma prensa hidráulica manual. Na Fig. 12 pode-se ver a prensa hidráulica e a base com os cutelos para a realização do ensaio.

Figura 12: Prensa hidráulica.



Fonte: Do autor (2023)

Foi desenvolvido um cutelo e uma base que tem a função de apoiar os corpos de provas. Em seguida com a prensa hidráulica foi exercida uma força sobre o corpo de prova, assim realizando o dobramento bem na área soldada. O ângulo de dobramento desse ensaio é de 180° graus. Na Fig.13 pode-se ver a realização do ensaio.

Figura 13: Ensaio realizado.



Fonte: Do autor (2023)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta etapa do trabalho será demonstrado a análise dos resultados dos ensaios, levando em conta os gráficos de deformação gerados pelos ensaios de resistência a tração e analisando os corpos de prova após serem submetidos ao teste de dobramento raiz.

### 4.1 RESULTADOS ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TRAÇÃO

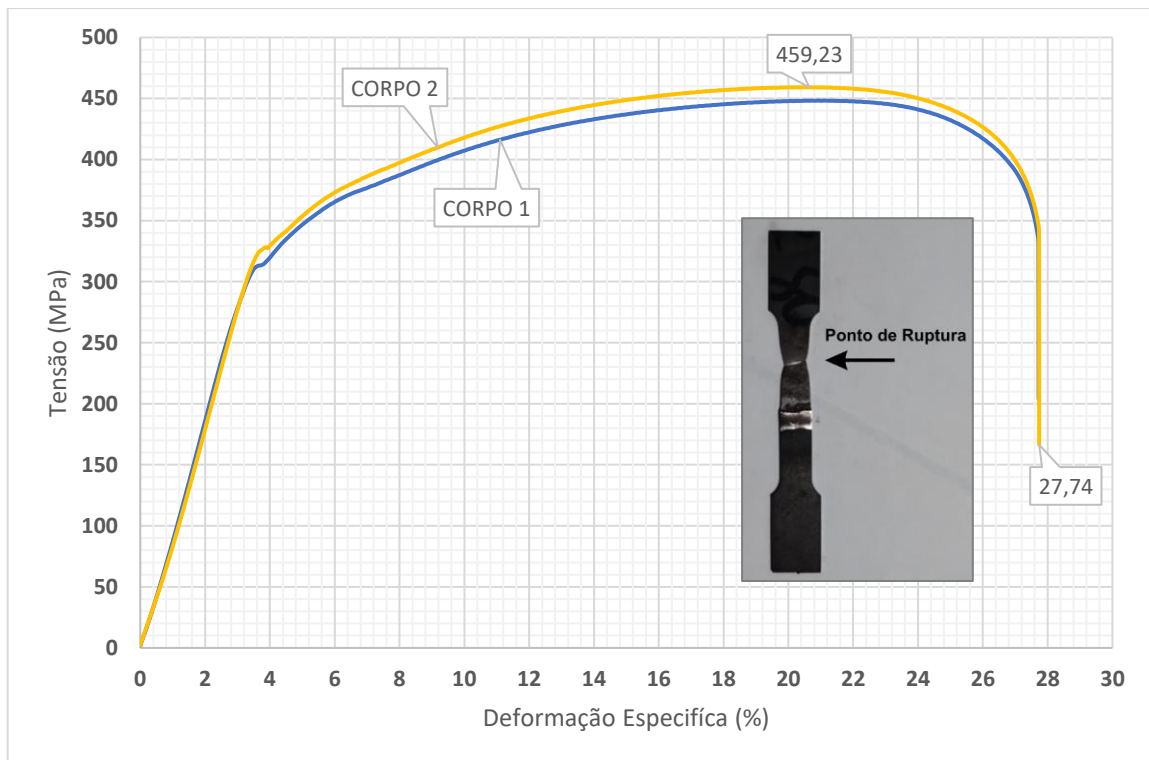
Após a realização dos ensaios foram obtidos gráficos que mostram o comportamento do material na junta soldada. A partir disso será possível definir se as

combinações entre chapas e arames de solda tem o mesmo desempenho para os dois tipos de arame.

#### 4.1.1 Aço Patinável x ER 70S-6 x Aço Pátinavel

Na Fig. 14 pode-se ver o comportamento da chapa onde contém somente aço patinável com arame ER 70S-6, onde foi obtido uma tensão máxima próxima de 450 MPa com uma deformação específica em torno de 28%. O ponto de ruptura se deu fora da região da área soldada em um dos lados do corpo de prova que estava com aço patinável.

Figura 14: Aço patinável x arame ER 70S-6 x aço patinável.



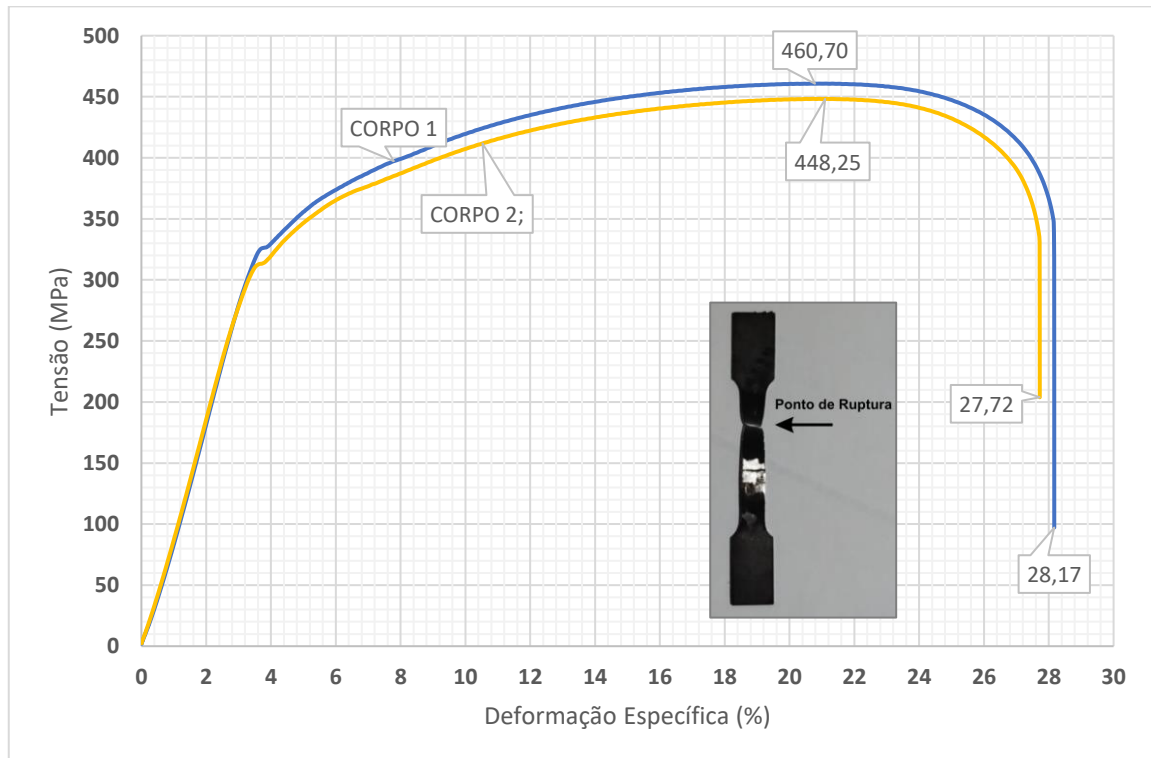
Fonte: Do autor (2023)

#### 4.1.2 Aço Patinável x ER 80S G x Aço Pátinavel

Já na Fig. 15 visualiza-se o comportamento da chapa onde contém somente aço patinável com arame ER 80S G, onde foi obtido uma tensão máxima entre 400 e 450 MPa com uma deformação específica entre 20% e 28%. O ponto de

ruptura aconteceu fora da área soldada, ocorrendo em um dos lados do corpo de prova que estava com o aço patinável.

Figura 15: Comportamento aço patinável x arame ER 80S G x aço patinável.



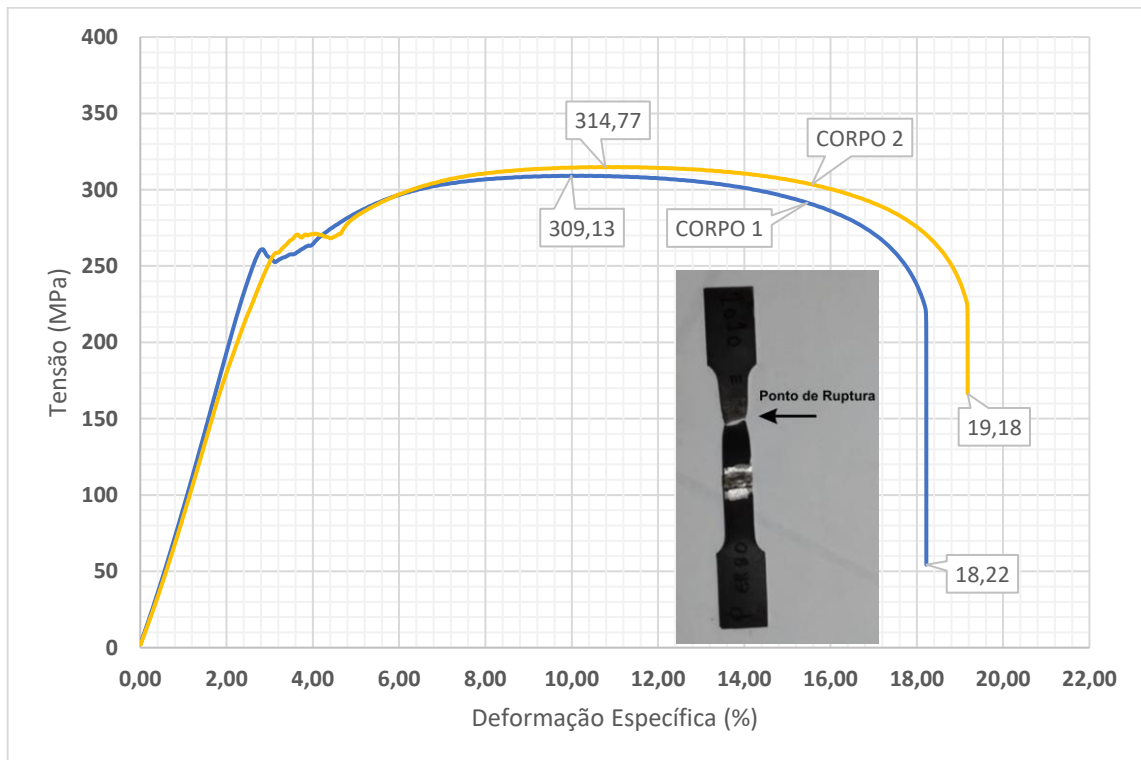
Fonte: Do autor (2023)

#### 4.1.3 Aço Patinável x ER 80S G x Aço SAE 1010

Na Fig. 16, pode-se ver o comportamento do aço patinável com arame ER 80S G e com aço SAE 1010, onde foi obtido uma tensão máxima próximo de 300 MPa com uma deformação específica entre 18% e 22%. Neste ensaio percebeu-se que o ponto de ruptura se deu fora da área soldada, porém foi o lado do corpo de prova que estava com o aço SAE1010 em que ocorreu o rompimento do material.



Figura 16: Comportamento aço patinável x arame ER 80S G x aço SAE 1010.

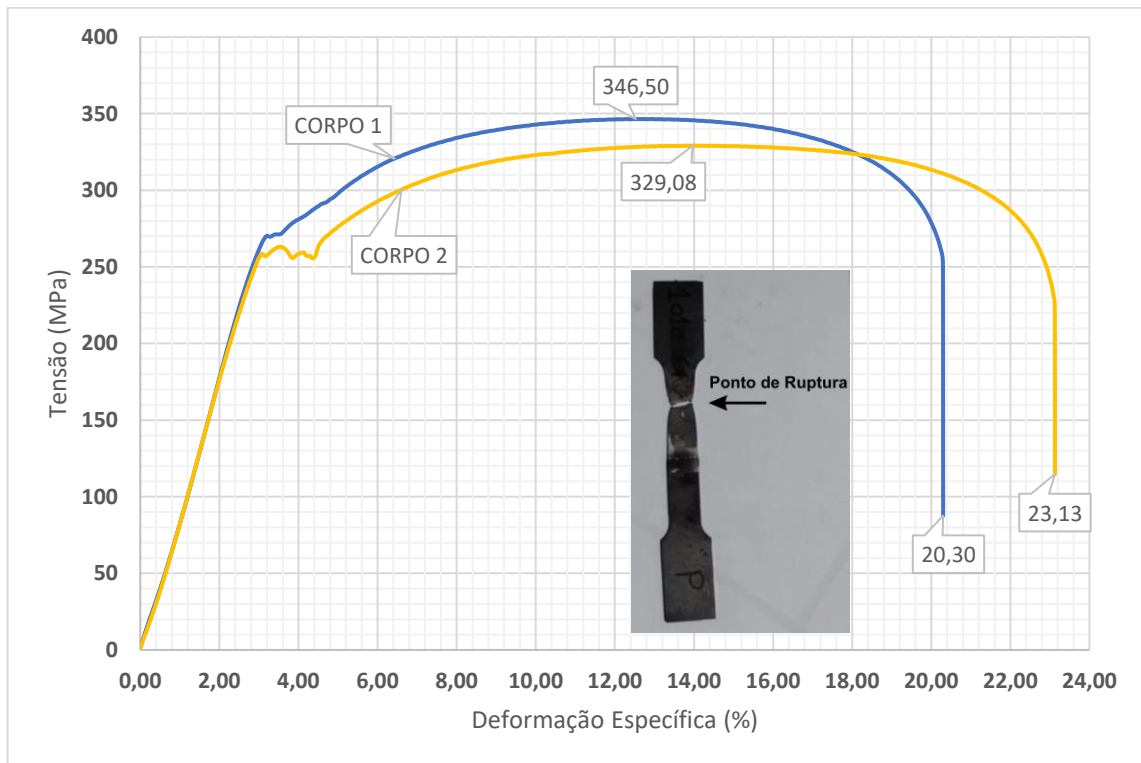


Fonte: Do autor (2023)

#### 4.1.4 Aço Patinável x ER 70S-6 x Aço SAE 1010

E por fim, na Fig. 17 visualiza-se o comportamento do aço patinável com arame ER 70S-6 com aço SAE 1010, onde foi obtido uma tensão máxima entre 320 e 350 MPa com uma deformação específica entre 18% e 22%. Neste ensaio o ponto de ruptura do material ficou fora da região soldada e se deu no lado do corpo de prova onde estava o aço SAE 1010.

Figura 17: Comportamento aço patinável x arame ER70S-6 x aço SAE 1010.

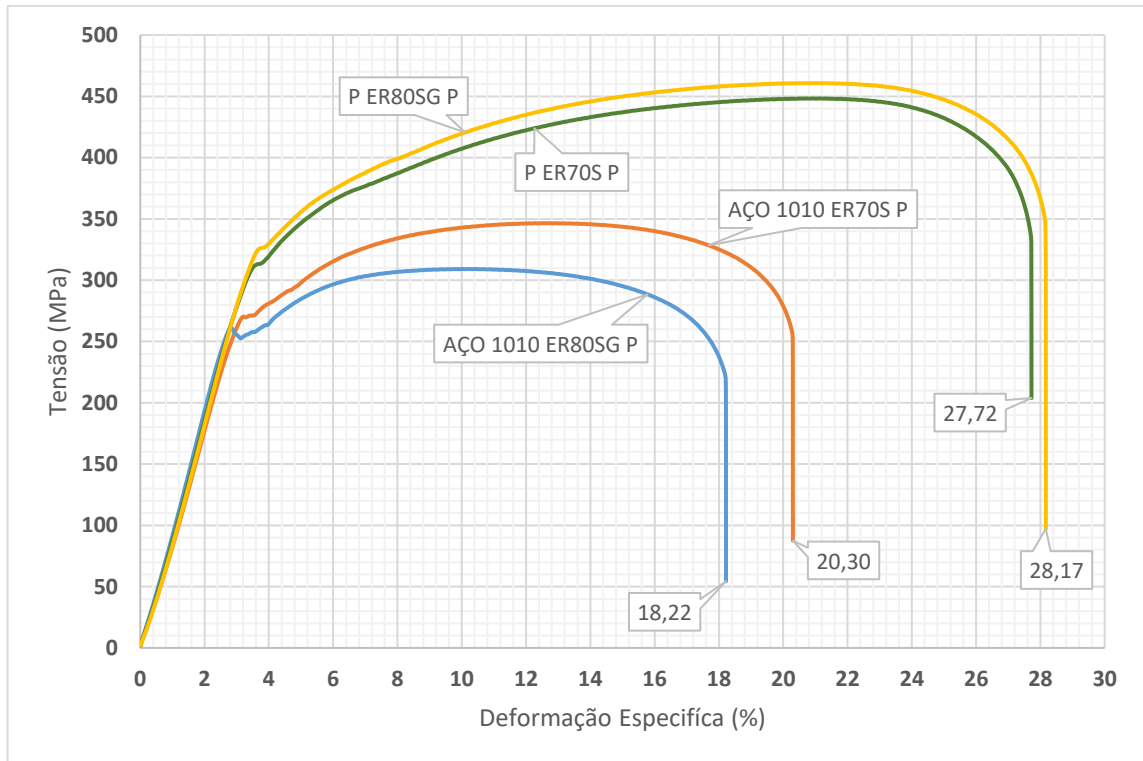


Fonte: Do autor (2023)

#### 4.1.5 Resultados Alcançados

Para um melhor entendimento e visualização dos resultados obtidos foi realizado a construção de um gráfico de linhas e uma tabela. Na Fig. 18 a seguir é possível observar as curvas de deformação dos quatro corpos de provas com as combinações de aços e arames de solda e na Tab. 2 o resumo dos resultados de tensão de força máxima, tensão de escoamento e deformação específica.

Figura 18: Curvas de deformação combinadas.



Fonte: Do autor (2023)

Tabela 02: Resumo dos resultados do ensaio de resistência a tração

Combinações	Tensão Força Máxima (MPa)	Tensão de Escoamento (MPa)	Deformação Específica (%)
<b>Patinável x ER 70S-6 x Patinável</b>	459,2	313,0	27,7
<b>Patinável x ER 80S G x Patinável</b>	460,7	319,4	28,2
<b>Aço 1010 x ER 80S G x Patinável</b>	314,8	273,2	18,2
<b>Aço 1010 x ER 70S-6 x Patinável</b>	346,5	257,9	20,3

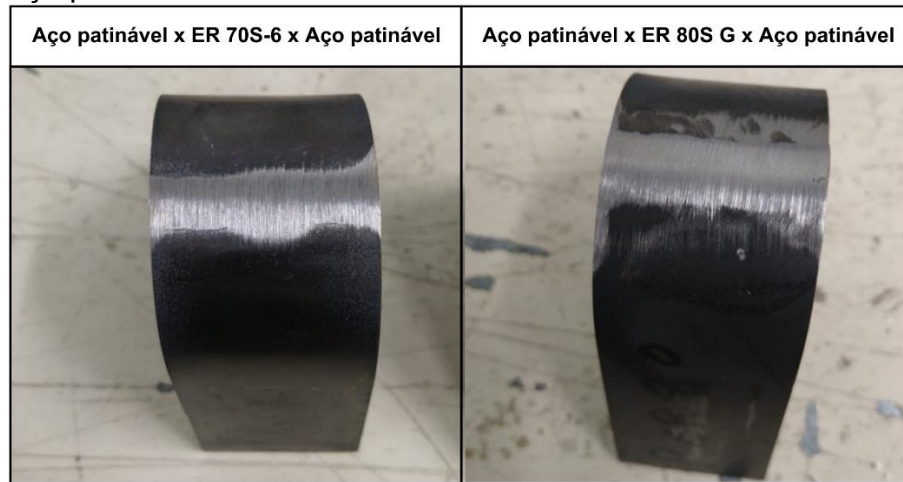
Fonte: Do autor (2023)

Após analisar os gráficos e a tabela acima, foi possível notar que foi obtido resultados bem próximos variando os tipos de materiais com os tipos de arames. Dessa forma, é possível ser realizada a substituição do arame de solda ER 80S G pelo arame de solda ER 70S-6 devido aos pontos de rupturas se encontrarem fora da região soldada. Sendo assim com o uso do arame ER 70S-6 não se perde qualidade e ainda temos uma redução de custo, pois esse arame tem um valor de compra mais baixo.

## 4.2 RESULTADOS ENSAIO DE RESISTÊNCIA AO DOBRAMENTO

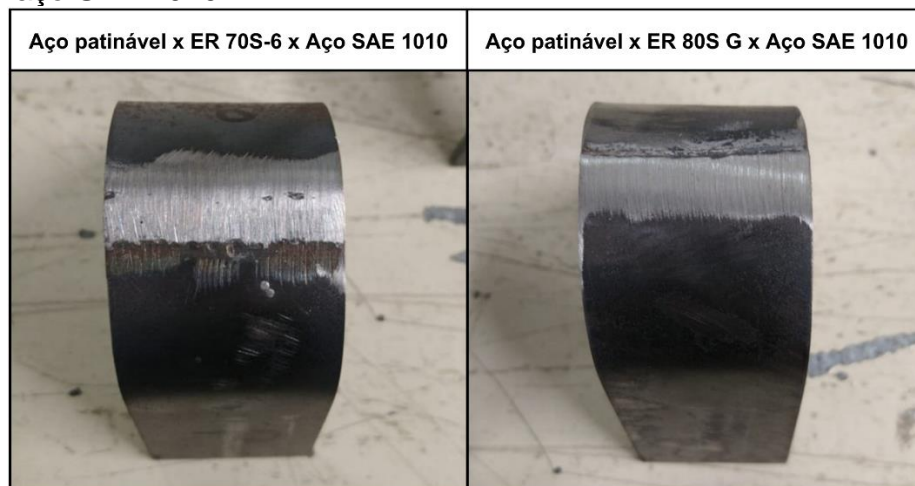
Esta etapa irá mostrar os resultados obtidos no ensaio de dobramento. Na Fig. 19 e Fig. 20 podemos ver os corpos de prova após a realização do ensaio.

Figura 19: Ensaio de dobramento nas chapas aço patinável x aço patinável.



Fonte: Do autor (2023)

Figura 20: Ensaio de dobramento nas chapas aço patinável x aço SAE 1010.



Fonte: Do autor (2023)

Após a realização deste ensaio pode-se afirmar que os resultados obtidos foram satisfatórios, devido a todos os corpos de provas terem se comportados de forma igual, sendo que em nenhum deles houve o rompimento de material ou trincas na região soldada.

### 4.3 COMPARATIVOS DE CUSTOS ARAMES DE SOLDA

Nesta etapa, foram realizados os orçamentos dos arames de soldas para quantificar a redução de custo ao trocar o arame ER 80S G pelo arame ER 70S-6. O arame ER 70S-6 foi encontrado pelo valor de R\$ 23,50 o quilo e o arame ER 80S G por em torno de R\$ 42,80 ao quilo.

Abaixo podemos ver o cálculo que demonstra a redução de custo obtida, utilizando o arame de menor custo. Onde X é a porcentagem em que o arame ER 70S-6 custa em relação ao ER 80S G.

$$42,80 - 100\%$$

$$23,50 - X$$

$$X = 54,90 \%$$

Logo, diminuindo essa porcentagem de 100%, observa-se que utilizando o arame de solda ER 70S-6 temos uma redução de 45,10% no custo do consumível de solda.

## 5 CONCLUSÃO

Após a realização da pesquisa, dos experimentos práticos e analisando os resultados pode-se concluir que:

- A resistência a tração dos corpos de prova e na área soldada foi praticamente igual utilizando os dois tipos de arames diferentes;
- O ensaio de dobramento teve um resultado esperado sendo que não apresentou trincas na área soldada após a realização dos ensaios;
- Em todos os ensaios realizados de resistência a tração que foi utilizado o aço SAE 1010 x aço patinável o rompimento do corpo de prova ocorreu na área do aço SAE 1010 devido conter uma resistência inferior ao aço patinável;



- Foi atingida uma redução de custo de 45,10% ao quilo do consumível, devido poder utilizar o arame de solda ER 70S-6 ao invés de utilizar o arame de solda ER 80S G;
- Através de dois ensaios de resistência mecânica conseguimos concluir qual dos arames de solda seria melhor de utilizar e assim alcançando uma redução de custo.

Em trabalhos futuros pode-se realizar os ensaios em chapas contendo somente o aço SAE 1010 e utilizar artifícios como líquidos penetrantes para verificação de trincas.

## REFERÊNCIAS

BIOPDI. **Ensaio de dobramento**. Disponível em:

<https://biopdi.com.br/artigos/ensaio-de-dobramento/>. Acesso em: 20 out. 2022.

BONAFÉ, Gabriel. **Aço patinável resiste à corrosão atmosférica e proporciona visual rústico**. 2021. Disponível em:

<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/aco-patinavel-resiste-a-corrosao-atmosferica-e-proporciona-visual-rustico/13996>. Acesso em: 20 out. 2022.

CONCEIÇÃO, Leonardo Alves da *et al.* ESTUDO DA MORFOLOGIA E DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO 1010. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 4, n. 1, p. 936-944, ago. 2019. Disponível em:

<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/225/246>. Acesso em: 20 out. 2022.

DELARCO. **Soldagem de aços patináveis com arame e vareta ER 80s g**. 2022.

Disponível em: <https://delarcosoldas.com.br/80s-g-aram-e-vareta-para-soldar-acos-corten/>. Acesso em: 20 out. 2022.



DELARCO. **Técnicas de soldagem para a aplicação da vareta ER70S3 e do arame ER70S6.** Disponível em: <https://delarcosoldas.com.br/produto/vareta-er70s3-e-arames-70s6-para-soldar-aco-carbono/>. Acesso em: 20 out. 2022.

FERREIRA FILHO, Demostenes; TEIXEIRA, Cleiton Rodrigues; FERRARESI, Valtair Antonio. INFLUÊNCIA DO GÁS DE PROTEÇÃO UTILIZADO NA SOLDAGEM DE AÇOS INOXIDÁVEIS FERRÍTICOS ESTABILIZADOS NO ENSAIO DE DOBRAMENTO. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 6., 2011, Caxias do Sul. **Congresso.** Caxias do Sul: Abcm, 2011. Disponível em:

<https://repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/1449/.%20Influ%3%aancia%20do%20G%3%a1s%20de%20Prote%3%a7%3%a3o%20Utilizado%20na%20Soldagem%20de%20A%3%a7os%20Inoxid%3%a1veis%20Ferr%3%adicos%20no%20Ensaio%20de%20Dobramento.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 out. 2022.

HIBBELER, R. C.. **Resistência dos Materiais.** 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004. Tradução de: Joaquim Pinheiro Nunes.

INSTITUTO NACIONAL AMERICANO DE PADRÕES. **D1.1/D1.1M:** Código de Soldagem Estrutural - Aço. 22 ed. Danvers: Sociedade Americana de Soldagem, 2010. Disponível em: [https://pubs.aws.org/Download\\_PDFS/D1.1-D1.1M-2010-PR-PV.pdf](https://pubs.aws.org/Download_PDFS/D1.1-D1.1M-2010-PR-PV.pdf). Acesso em: 17 nov. 2022.

LEITE, Matheus Corrêa *et al.* ENSAIO DE TRAÇÃO MECÂNICA E ANÁLISE METALOGRÁFICA DO AÇO SAE 1045. **Revista Engenharia em Ação Unioledo,** Araçatuba, v. 2, n. 1, p. 83-93, ago. 2017. Disponível em: <http://www.ojs.toledo.br/index.php/engenharias/article/view/2579/153>. Acesso em: 20 out. 2022.

MADEIRA, Rodrigo Pereira; MODENESI, Paulo J. Utilização do ensaio erichsen para a avaliação do desempenho de juntas soldadas. **Soldagem & Inspeção,** Belo Horizonte, v. 15, n. 1, p. 22-30, mar. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-92242010000100004>. Disponível em:





<https://www.scielo.br/j/si/a/yJwX3KX6XcLkQShhHpB4vMx/?lang=pt&format=html>.

Acesso em: 20 out. 2022.

NEVES, Adonai dos Santos et al. Caracterização mecânica e microestrutural de um aço com baixo teor de carbono – SAE 1010. **Revista Eletrônica Teccen**, [S.L.], v. 11, n. 1, p. 10-17, 6 jun. 2018. Universidade Severino Sombra.

<http://dx.doi.org/10.21727/teccen.v11i1.1204>. Disponível em:

<http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/TECCEN/article/view/1204>.

Acesso em: 20 out. 2022.

PANNON, Fabio Domingos. **HISTÓRIA, COMPORTAMENTO E USOS DOS AÇOS PATINÁVEIS NA ENGENHARIA ESTRUTURAL BRASILEIRA**. Disponível em:

[http://engmarcoantonio.com.br/cariboost\\_files/Historia\\_comportamento\\_e\\_uso\\_dos\\_acos\\_patinaveis.pdf](http://engmarcoantonio.com.br/cariboost_files/Historia_comportamento_e_uso_dos_acos_patinaveis.pdf). Acesso em: 20 out. 2022.

SANTOS, Carlos Eduardo Figueiredo dos. **Processos de soldagem**: conceitos, equipamentos e normas de segurança. São Paulo: Editora Érica, 2014.

VIDOR, Matheus. **AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO METAL DE ADIÇÃO NO PROCESSO DE SOLDA A ARCO ELÉTRICO SOBRE UM AÇO PATINÁVEL**.

2018. 78 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Processos e Tecnologias, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2018. Disponível em:

<https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/4208/Dissertacao%20Matheus%20Vidor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 20 out. 2022.