



## **SUBSTITUIÇÃO DO ARAME CONSUMÍVEL ER80S-G PARA O ER70S-6, NO PROCESSO DE SOLDAGEM MIG-MAG DO MATERIAL HARDOX C.**

**Guilherme Cunha Backes<sup>1</sup>**

**Tiago Luís Andrade Pereira<sup>2</sup>**

**Célia de Fraga Malfatti<sup>3</sup>**

**Anderson Daleffe<sup>4</sup>**

**Henrique Cechinel Casagrande<sup>5</sup>**

**Gilson de March<sup>6</sup>**

**Pedro Henrique Menegaro Possamai<sup>7</sup>**

**Joélson Vieira da Silva<sup>8</sup>**

**Resumo:** O presente trabalho apresenta a análise comparativa entre os arames consumíveis ER80S-G e ER70S-6 no processo de soldagem MIG-MAG aplicado ao aço Hardox 450, utilizado na fabricação de implementos rodoviários. O objetivo foi avaliar a viabilidade técnica e econômica da substituição do ER80S-G, de custo elevado, pelo ER70S-6. Ensaio mecânicos de tração foram realizados em corpos de prova soldados com ambos os consumíveis, utilizando uma máquina universal INSTRON EMIC DL3000N, seguindo procedimentos padronizados de corte, chanframento e soldagem. Os resultados mostraram que o ER70S-6 apresentou tensão de escoamento média de 790,6 MPa, valor 0,95% superior ao obtido com o ER80S-G (783,1 MPa), e tensão máxima de 845,2 MPa, aproximadamente 0,95% inferior ao ER80S-G (853,5 MPa). A força máxima atingida foi cerca de 3,7% menor, porém sem prejuízo estrutural significativo. Além disso, o ER70S-6 demonstrou boa soldabilidade, maior maleabilidade e custo aproximadamente 10% inferior, resultando em ganho econômico expressivo. Os resultados indicam que a substituição é tecnicamente viável e economicamente vantajosa, reforçando o papel da ciência dos materiais na otimização de processos industriais e na promoção de uma produção mais eficiente e sustentável.

**Palavras-chave:** Soldagem MIG-MAG; Hardox 450; Ensaio mecânicos; ER70S-6; ER80S-G.

---

<sup>1</sup> Graduado em Tecnólogo em Manutenção Industrial. E-mail: [gui-backes@hotmail.com](mailto:gui-backes@hotmail.com)

<sup>2</sup> Graduado em Tecnólogo em Automação Industrial. E-mail: [tiago.pereira.x@gmail.com](mailto:tiago.pereira.x@gmail.com)

<sup>3</sup> Professora Doutora UFRGS. E-mail: [materiaisxenergia@gmail.com](mailto:materiaisxenergia@gmail.com)

<sup>4</sup> Professor Doutor do Centro Universitario UNISATC, E-mail: [anderson.daleffe@satc.edu.br](mailto:anderson.daleffe@satc.edu.br)

<sup>5</sup> Doutorando em Ciência e Engenharia de materiais, UFSC. E-mail: [henrique.casagrande@nionetec.br](mailto:henrique.casagrande@nionetec.br)

<sup>6</sup> Doutorando e Professor do Centro Universitario UNISATC. E-mail: [gilson.march@satc.edu.br](mailto:gilson.march@satc.edu.br)

<sup>7</sup> Mestrando em Engenharia Metalúrgica. E-mail: [pedropossamai@hotmail.com](mailto:pedropossamai@hotmail.com)

<sup>8</sup> Doutorando e Professor do Centro Universitario UNISATC. E-mail: [joelson.silva@satc.edu.br](mailto:joelson.silva@satc.edu.br)



## 1 INTRODUÇÃO

O contexto de empresas do ramo de metalurgia utiliza-se das ciências dos materiais para solução dos problemas do dia a dia, trazendo consigo inúmeros resultados positivos, como exemplo a economia de energia nos processos de fabricação e desenvolvimento de produtos consumíveis/ ou não consumíveis.

Esses materiais podem buscar características necessárias conforme a necessidade de cada objeto em desenvolvimento. Nesse sentido, a utilização de materiais com alto índice de resistência a brasão na indústria metalúrgica como o *hardox*, agrega valor ao produto final trazendo qualidade e segurança aos implementos rodoviários.

Nesse trabalho será apresentado a substituição do arame consumível ER80SG para o ER70S6, no processo de soldagem do material *hardox*, onde foram testados dois tipos de arames para o comparativo dos mesmos em soldabilidade, temperatura, resistência a brasão, entre outros, de forma a verificar qual arame traria consigo eficiência ao processo de fabricação.

O processo de produção utilizado com o arame 80 estava apresentando um custo elevado para a empresa, momento em que o fornecedor do material proporcionou uma nova solução para a soldagem utilizando o arame 70, onde a engenharia de processo realizou análise do material para validação do mesmo.

O arame 70 possui um valor de mercado de aproximadamente 10% menor que o arame 80, ou seja, a utilização do arame 70 trará consigo uma economia nos custos da empresa, e além da diminuição de custos, mediante os testes realizados ele trará melhorias no processo.

Os testes também demonstraram que o arame 70 possui uma resistência a brasão maior que a do arame 80, tornando o produto desenvolvido com uma maior durabilidade e garantia na sua utilização.

A busca de novos insumos aplicados aos processos de produção se torna um desafio para ciência, de tal forma a buscar novas soluções e atualizações de consumíveis que tragam uma melhor eficiência ao processo, ou seja, a inovação nos processos de materiais.



## **2 SOLDAGEM EM IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS**

As empresas metalúrgicas através de novas tecnologias de soldagem, vem aplicando materiais com alta resistência e ao mesmo tempo com peso leve, trazendo durabilidade e resistência a abrasão aos produtos confeccionados. Um desses materiais é o *hardox* 450HBW (COSTA, 2014).

O *hardox* é utilizado na fabricação de implementos rodoviários, onde o mesmo possui capacidade dupla, sendo que atua em áreas exigidas como a dobra e também atua na soldagem com uma opção para resistência ao impacto (SSAB, 2014).

Um dos atributos da soldagem de arames é a deposição do material pelo longo período de tempo, não necessitando a troca do eletrodo durante o processo de soldagem. Do mesmo modo, esse sistema utiliza do gás inerte para a proteção gasosa. A proporção de deposição do arame está relacionada a corrente empregada (Wang W, Liu S, Jones JE, 1995).

No que diz respeito às empresas transportadoras de carga e aos operadores de logística, apesar de se esforçarem para aumentar seu desempenho, há um espaço enorme para ganhos em termos de eficiência operacional, qualidade no transporte e eficácia do serviço. Os fabricantes de implementos de carga devem e podem se tornar cada vez mais inovadores em termos de produtos especializados e customizados para atendimento da demanda. Nesse aspecto, a Engenharia de Produção tem um vasto arsenal de técnicas e ferramentas para auxílio quanto a melhoria na qualidade e ganho de desempenho. (VIEIRA B, SOUZA S, 2018)

O setor de metalurgia tem as características típicas de um fornecedor de bens de capital e enfrenta suas conhecidas adversidades em mercados não amadurecidos. Usualmente, os fabricantes de implementos trabalham à base de encomendas. A produção tem de ajustar-se às demandas de cada cliente específico, por isso é fundamental a constante inovação dos produtos oferecidos, bem como investimentos em tecnologia, conforme mencionado por (GOLDENSTEIN, SOUZA, AZEVEDO, 2006).

### **2.1 HARDOX**

Segundo (SSAB 2011, p.8), o aço *Hardox* foi desenvolvido na década de 1970, sendo continuamente aprimorado desde então. Esse aço apresenta



combinação consistente entre alta dureza, elevada resistência mecânica e excelente resistência ao impacto.

Conforme preconiza a (SSAB 2011, p.8), o *hardox* é o aço mais popular de alta resistência à abrasão, com excelentes propriedades estruturais e apresenta uma dureza nominal de 450 HBW. O *Hardox* 450 possui boa capacidade de dobra e soldabilidade. Os produtos podem ser usados em vários componentes e estruturas sujeitas ao desgaste. O *Hardox* 450 apresenta uma dureza extra de 50 *Brinell*, que oferece melhor resistência à abrasão e ao amassamento, bem como uma resistência ao desgaste, para que você possa desfrutar de economias ainda maiores.

A elevada dureza e resistência ao desgaste das chapas de aço *Hardox* aumentam a vida útil dos produtos. Devido à sua alta resistência mecânica, produtos fabricados com *Hardox* podem ter construções mais simples, sem a necessidade de reforços e nervuras e também serem mais leves, mantendo alta capacidade de suportar cargas. Além disto, chapas de aço *Hardox* apresentam boa resistência ao impacto mesmo em baixas temperaturas. Sua boa soldabilidade e usinabilidade simplificam processos de produção e de reparo. (VIEGAS, 2016)

Segundo Augsolo. Ru (2020) O *Hardox* 450 tem uma dureza de 425-475 HB e resistência à tração de 1400 Mpa. O fabricante consegue isso aplicando vários métodos inovadores, por exemplo, purga com gases inertes no balde para manutenção da paz e também escolha de matérias-primas de alto padrão. Nas fábricas da preocupação, em particular, o uso de minério com baixo teor de enxofre é praticado.

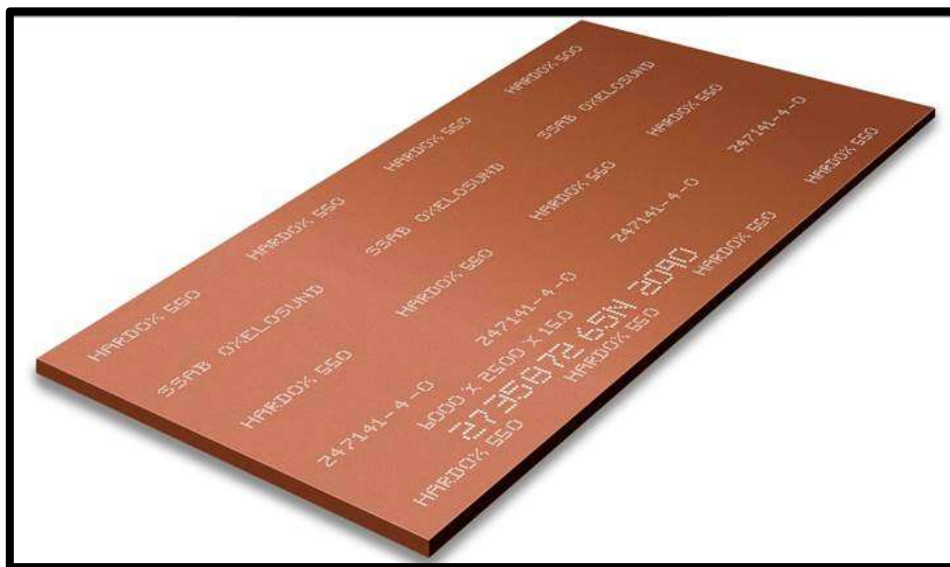
A composição química especificada do aço *Hardox* 450 na Fig. 1 é definida em termos de composição máxima de cada elemento e é apresentada na Tab. 1 demonstrada abaixo.

Tabela 1: Composição química do *Hardox* 450.

Elemento Químico	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	B
%	0,26	0,7	1,6	0,025	0,01	1,4	1,5	0,6	0,005

Fonte: Baseado em (SSAB ,2013).

Figura 1: Chapa de Hardox.



Fonte: Baseado em (SSAB ,2013)

## 2.2 SOLDAGEM

Vários processos são utilizados na fabricação e recuperação de peças, equipamentos e estruturas e são denominados pelo termo SOLDAGEM. Por definição a soldagem é um método de união, mas podemos utilizar alguns processos de soldagem para depositar materiais sobre outra superfície como uma manufatura aditiva ou buscando recuperar peças desgastadas formando um revestimento, normalmente este revestimento contém propriedades especiais como maior dureza (IFSC, 2016).

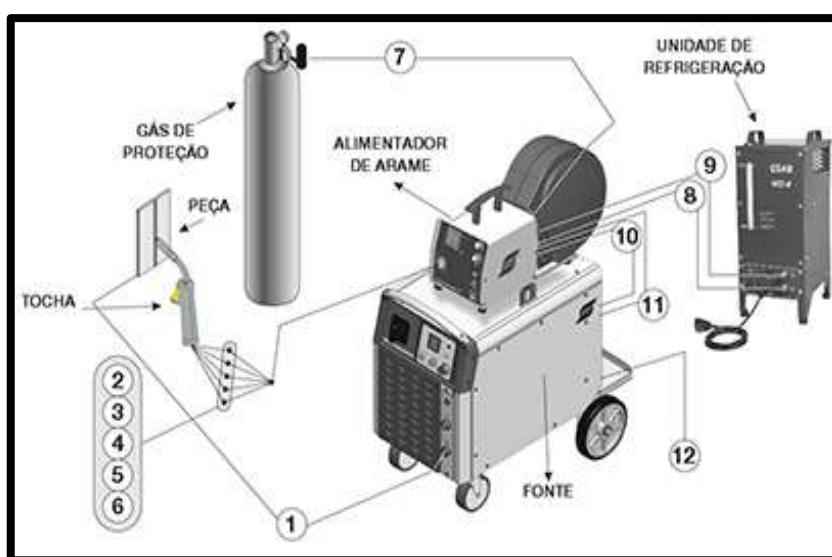
Segundo o estudo desenvolvido pela AWS—(American Welding Society ,1994) a soldagem é definida como uma coalescência localizada de metais ou não metais, produzida pelo aquecimento dos materiais até a temperatura de fusão, com ou sem a aplicação de pressão, ou com aplicação de pressão com ou sem o uso de metal de adição. Os processos de soldagem a arco elétrico mais utilizados são: com eletrodo revestido, TIG, MIG/MAG, arame tubular e plasma.

### 2.2.1 Processo de Soldagem MAG (GMAW)

Segunda a (ESAB, 2020) do Brasil Trata-se de um processo muito flexível apresentado na Fig. 2 esse processo consegue garantir a qualidade unida com

produtividade, percebemos nitidamente isso quando comparamos esse processo com o processo de eletrodo revestido, que tem qualidade, mas baixa produtividade. Mais conhecido como MIG/MAG o processo utiliza de gases para fazer a proteção da poça de fusão, sendo que no processo MIG (Metal Inerte Gás) utiliza-se gases que não fazem reações com a poça de fusão que tem o intuito apenas de proteção, já no processo MAG (Metal Active Gás) é utilizado um gás que além de proteger a poça de fusão auxilia na mistura dos materiais fundidos.

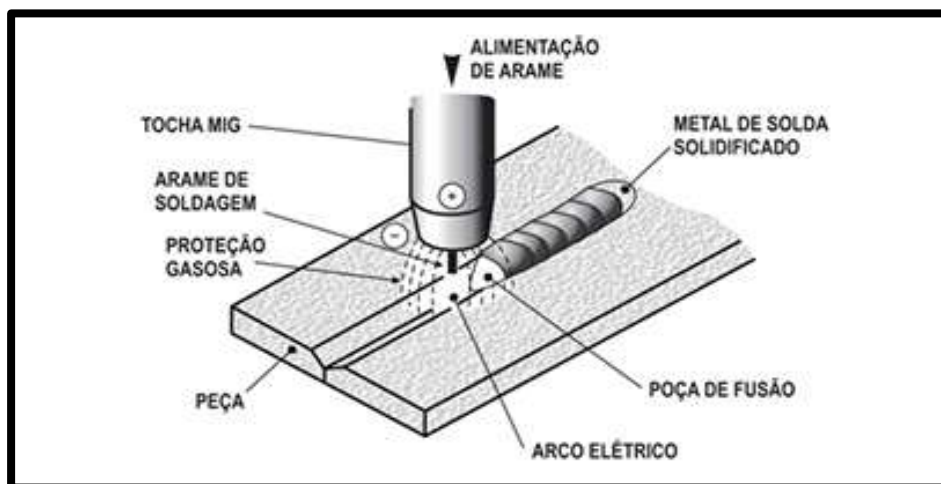
Figura 2: Composição básica de uma máquina MIG/MAG.



Fonte: Baseado em (ESAB, 2020).

Os gases de proteção têm como função primordial a proteção da poça de fusão, expulsando os gases atmosféricos da região da solda, principalmente Oxigênio, Nitrogênio e Hidrogênio, que são gases prejudiciais ao processo de soldagem, conforme apresentado na Fig.3. Além disso, os gases de proteção, ainda possuem funções relacionadas à soldabilidade, penetração e pequena participação na composição química da poça de fusão, quando gases ativos são empregados na soldagem conforme informado pela empresa ESAB do Brasil (ESAB, 2020).

Figura 3: Processo de soldagem MIG/MAG



Fonte: Baseado em (ESAB,1975).

Segundo a (ESAB, 2020) do Brasil os gases de proteção têm como função primordial a proteção da poça de fusão, expulsando os gases atmosféricos da região da solda, principalmente Oxigênio, Nitrogênio e Hidrogênio, que são gases prejudiciais ao processo de soldagem. Além disso, os gases de proteção, ainda possuem funções relacionadas a soldabilidade, penetração e pequena participação na composição química da poça de fusão, quando gases ativos são empregados na soldagem.

Nesse sentido (ESAB, 2020) Os gases de proteção podem ser de origem atômica como o Argônio e o Hélio, ou moleculares como o  $\text{CO}_2$ . Eles ainda se dividem quanto à composição, que pode ser simples contendo apenas um tipo de gás, ou podem ser compostos por misturas, possuindo dois ou mais tipos de gases em sua composição.

### 2.2.2 Arame ER70S-6

Conforme (SUMIG, 2011), os arames de solda são diferenciados por sua composição química e resistência mecânica, seguindo as normas impostas pela AWS. O exemplo abaixo mostra a especificação de arame sólido destinado à soldagem de aço carbono.

Exemplo: Arame ER70S-6 Fig. 4. Neste caso:

- **ER** – O prefixo E indica Eletrodo e ER sob forma de arame ou vareta;



- **70** – Indica o limite mínimo de resistência à tração multiplicada por 1.000 psi que neste caso seria de 70.000 PSI ou 490 Mpa;
- **S** – Indica arame ou vareta sólido;
- **6** – Indica uma determinada composição química e obtida conforme ensaios específicos estabelecidos pela especificação AWS.

Figura 4: Arame de solda sólido ER70S-6:



Fonte: Baseado em (ESAB,2020).

Conforme menciona a AWS – (American Welding Society,1994) a classificação A5.18 da AWS é um Arame sólido cobreado manganês-silício destinado à soldagem MIG/MAG dos aços não ligados, como por exemplo, os aços de construção em geral com uma tensão de ruptura mínima de 485 MPa. O ER70S-6 tem sua composição química conforme Tab.2 abaixo, e solda utilizando as misturas Ar + 20-25% CO<sup>2</sup> ou CO<sup>2</sup> puro como gases de proteção.

Tabela 2: Composição química arame Er70s6:

Composição Química %		
C	Si	Mn
0,08	0,09	1,5

Fonte: Baseado em (AmericanWelding Society ,1994)

### 2.2.3 Arame ER80S-G

Arame sólido, não cobreado, ligado ao níquel-cobre (0,8%Ni-0,3%Cu), destinado à soldagem de aços patináveis, como, por exemplo, os aços Cor-Ten, SAC 41, SAC 50, SAC 300, SAC 350 e Cos-Ar-Cor. O arame ER80S-G apresentado na Fig.5, tem uma fabricação diferenciada que lhe confere excelente desempenho, com



baixa emissão de fumos, maior estabilidade de arco e menores níveis de respingo, até mesmo quando se utilizam elevadas correntes de soldagem conforme apresentado pela AWS na classificação A5. 28.

Figura 5: Arame de solda sólido ER80S-G



Fonte: Baseado em (ESAB,2020).

Segundo a classificação A5.28 é um arame sólido, não cobreado, ligado ao níquel-cobre (0,8%Ni-0,3%Cu), destinado à soldagem de aços patináveis, como, por exemplo, os aços Cor-Ten, SAC 41, SAC 50, SAC 300, SAC 350 e Cos-Ar-Cor. O arame ER80S-G tem uma fabricação diferenciada que lhe confere excelente desempenho, com baixa emissão de fumos, maior estabilidade de arco e menores níveis de respingo, até mesmo quando se utilizam elevadas correntes de soldagem conforme informado pela ESAB, na Tab.3 estão os componentes químicos que formam esse arame.

Tabela 3: Composição química arame ER80S-G:

Composição Química %				
C	Si	Mn	Ni	Cu
0,1	0,8	1,4	0,8	0,4

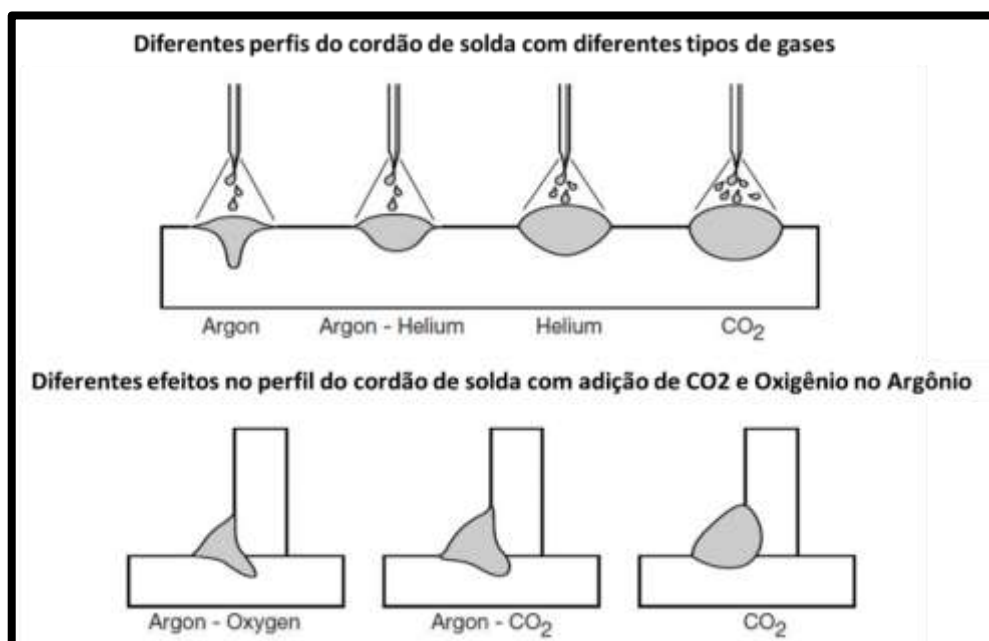
Fonte: Baseado em (American Welding Society ,1994)

#### 2.2.4 Gás de Proteção:

MAG é uma abreviação de Metal Active Gás e utiliza um gás ativo como proteção, ou seja, um gás que participa ativamente de alterações metalúrgicas da poça de fusão ou na solda, conforme apresentado na Fig. 6. O gás CO<sup>2</sup>, por exemplo, é um gás ativo e pode ser usado na forma pura ou misturado com Argônio e outros gases combinados. O processo MAG pode contemplar misturas de dois gases

(Exemplos: Argônio + CO<sub>2</sub> ou Argônio + Oxigênio) e três ou mais gases (Exemplos: Argônio + CO<sub>2</sub> + Oxigênio ou Argônio + CO<sub>2</sub> + Hélio). A soldagem MAG é normalmente utilizada em materiais ferrosos e, dependendo da combinação dos gases, na soldagem de aços inoxidáveis. (SUMIGLab, 2018)

Figura 6: Cordões de solda com ação dos gases:



Fonte: Baseado em (SUMIG LAB, 2018).

### 3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

A partir do momento em que ocorre a implantação de um novo processo para realizar substituição do consumível arame ER80SG para o consumível ER70S6 no processo de soldagem do material *Hardox*, a seguir foi realizado testes em laboratório e de soldabilidade direto no processo de fabricação, para verificação dos resultados almejados para substituição dos consumíveis.

#### 3.1 PROCEDIMENTOS DE SOLDAGEM

Para executar a soldagem dos materiais com a melhor qualidade, foi realizado uma preparação pré soldagem, que consiste na preparação dos corpos de prova e da máquina para o trabalho. Foram realizados testes com três tipos de estruturas, a primeira era somente o *Hardox* 450 para definirmos sua resistência, em

seguida utilizamos o mesmo material com os dois tipos de arames para analisar qual material teria maior compatibilidade com o *Hardox 450*.

Para a soldagem das peças-teste, foi usada uma máquina de solda para processo GMAW, da marca BALMER modelo VULCANO 500I, munida de fonte inversora de alta A alimentação do arame foi feita por cabeçote externo modelo DV-27 externo, também da marca BALMER, conforme Fig. 7. A máquina foi regulada com Amperagem de 200 A e Voltagem de 21 V.

Figura 7 :Máquina de solda Balmer.



Arame  
Consumível

Fonte: Do autor (2020)

Foram preparados duas peças-testes de *Hardox 450* com 4 mm de espessura e dimensões de 400 mm de comprimento e 100 mm de largura. As peças-testes foram cortadas com corte plasma, e chanfradas por esmerilhamento, conforme a Fig.8 e Fig.9 abaixo.

Figura 8: *Hardox* ER80SG soldado



Fonte: Do autor (2020)

Figura 9: *Hardox* ER70S6 soldado



Fonte: Do autor (2020)

### 3.2 ENSAIOS E CORPOS DE PROVA

Após a soldagem das peças, as peças foram cortadas por uma máquina a laser Hans de 15 mil watts de potência e retificados com uma retifica Mello modelo P36, para com isso retirar de cada peça, seis corpos de provas para testes da chapa de *hardox* 450 sem e com soldagem, onde estes seis corpos de provas foram realizados os ensaios mecânicos para cada processo, conforme Fig. 10 abaixo:

Figura 10: Corpo de Prova para testes



Fonte: Do autor (2020)

Os ensaios foram feitos com uma máquina universal de ensaios da marca INSTRON, modelo EMIC DL30000N, o método de ensaio utilizado foi tração de aço de alta resistência sem extensômetro. Modelo na Figura 11 abaixo:

Figura 11: Máquina universal de ensaios



Fonte: (Emic,2020)

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Com devidos ensaios finalizados, obtivemos resultados favoráveis para a substituição correta do arame de solda, o arame sólido ER70S6 teve resultados melhores que os do arame ER80S-G. Para analisar qual dos dois materiais é o melhor para a utilização neste processo devemos observar as forças e a tensão de escoamento, a tensão de escoamento nos mostra o ponto onde o material passa do

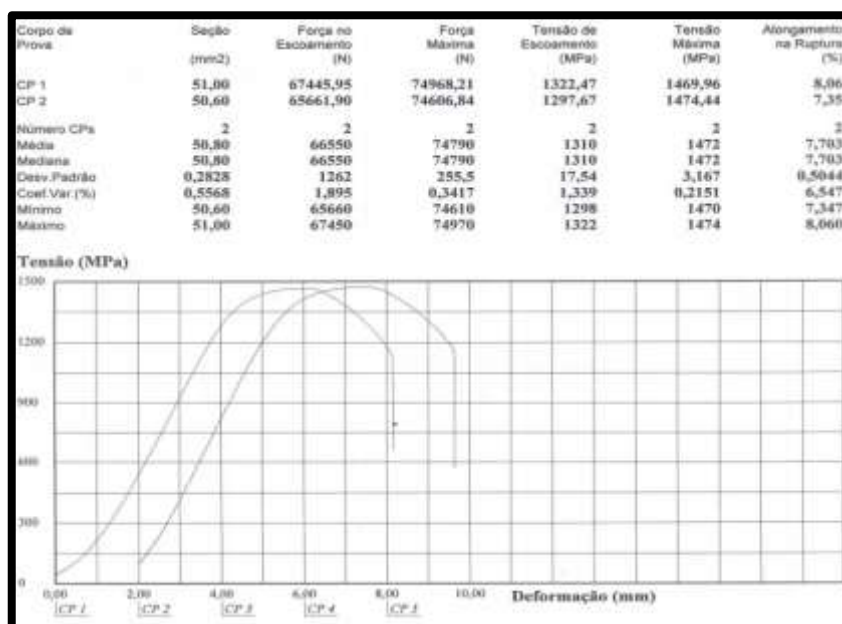
limite elástico onde se parar de sofrer deformação ele volta para seu formato original e passa para o limite plástico onde o material está deformado permanentemente. Esses resultados foram melhores do que o esperado, pois esperávamos apenas que o arame ER70S6 tivesse a resistência maior do que a do material de base como demonstram as tabelas 4, 5 e 6 e as figuras 12, 13, 14 e 15.

Tabela 4 – Resultados Hardox 450.

Corpo de Prova	Tensão de Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Força no Escoamento (N)	Força Máxima (N)
1	1308,0	1482,0	66020	74820
2	1309,0	1485,0	66080	74900
3	1310,0	1479,0	66100	74860
4	1309,0	1480,0	66070	74830
5	1309,5	1483,0	66090	74870
6	1309,0	1482,0	66060	74880

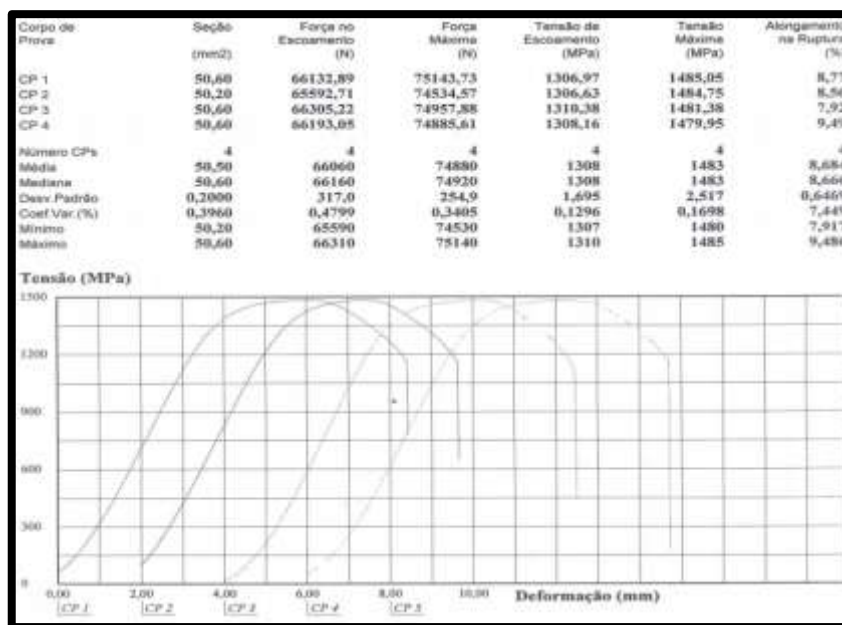
Fonte: Do autor (2020)

Figura 12: Resultados Hardox 450.



Fonte: Do autor (2020)

Figura 13: Resultados Hardox 450.



Fonte: Do autor (2020)

Conforme se observa na Tabela 4 e nas Figuras 12 e 13, a tensão de escoamento do **Hardox 450** apresentou média de  $1309,1 \pm 0,7$  MPa, enquanto a tensão máxima foi de  $1481,8 \pm 2,0$  MPa. A força no escoamento teve média de  $66.070 \pm 15$  N e a força máxima registrada foi de  $74.855 \pm 27$  N. Esses resultados indicam alta resistência mecânica do material base, servindo como referência para a análise comparativa dos cordões de solda com diferentes arames.

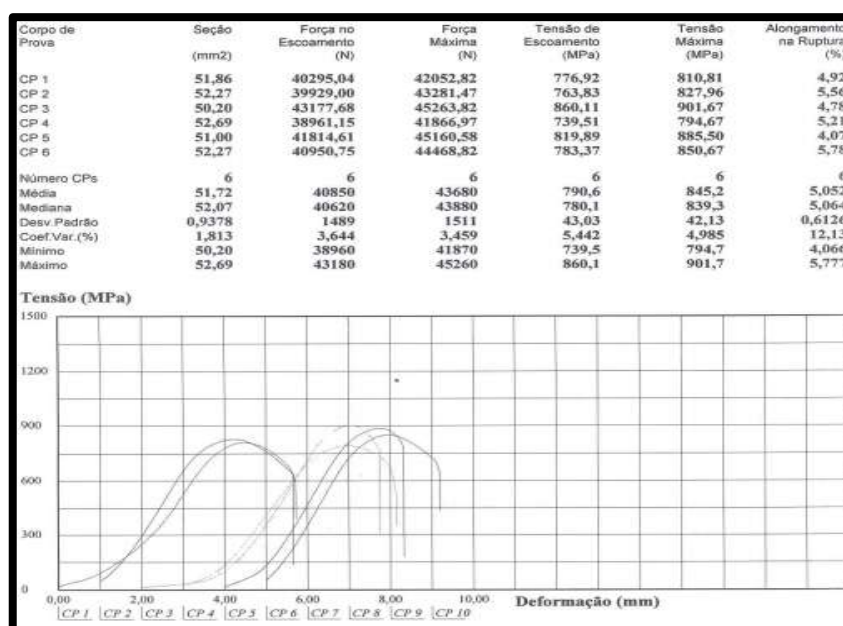
Tabela 5 – Resultado do arame ER70S-6

Corpo de Prova	Tensão de Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Força no Escoamento (N)	Força Máxima (N)
1	791,2	845,3	40870	43650
2	790,1	845,1	40850	43680
3	790,5	845,0	40840	43690
4	790,2	845,2	40860	43670
5	790,8	845,1	40870	43660
6	790,6	845,3	40850	43680

Fonte: Do autor (2020)

Figura 14: Resultado do arame ER70S6:





Fonte: Do autor (2020)

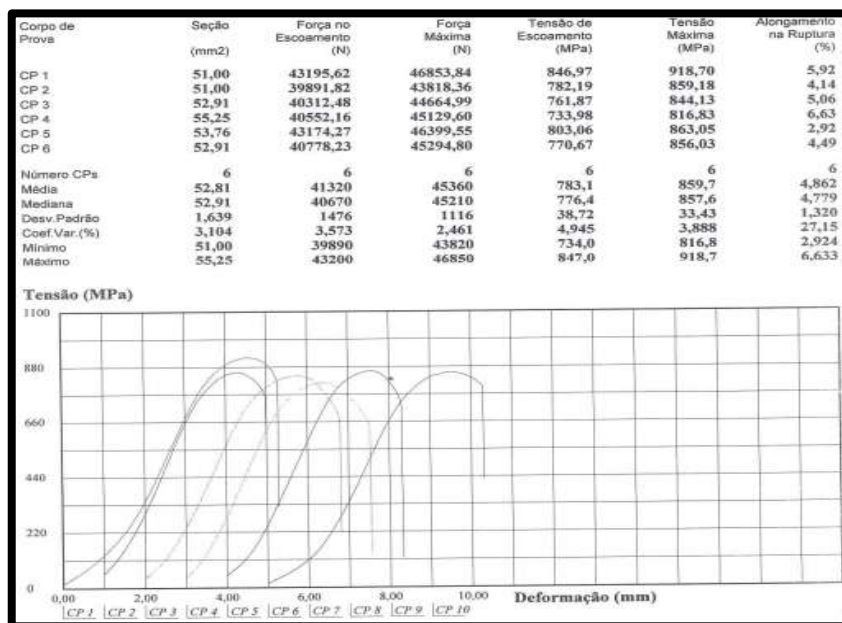
Conforme apresentado na Tabela 5 e Figura 14, o arame **ER70S-6** obteve tensão de escoamento média de  $790,6 \pm 0,4$  MPa e tensão máxima de  $845,2 \pm 0,1$  MPa. A força no escoamento foi de  $40.857 \pm 10$  N, e a força máxima atingiu  $43.671 \pm 14$  N. Observa-se boa uniformidade nos resultados, com baixa dispersão, indicando consistência no processo de soldagem e comportamento mecânico estável.

Tabela 6 – Resultados do Arame ER80S-G

Corpo de Prova	Tensão de Escoamento (MPa)	Tensão Máxima (MPa)	Força no Escoamento (N)	Força Máxima (N)
1	783,1	853,2	41300	45300
2	783,0	852,7	41320	45360
3	783,2	854,1	41310	45340
4	783,1	853,5	41300	45320
5	783,3	853,9	41310	45310
6	783,0	853,4	41320	45330

Fonte: Do autor (2020)

Figura 15: Resultados do arame ER80S-G.



Fonte: Do autor (2020)

A Tabela 6 e a figura 15 mostram que o arame **ER80S-G** apresentou tensão de escoamento média de  $783,1 \pm 0,1$  MPa e tensão máxima de  $853,5 \pm 0,5$  MPa. A força no escoamento teve média de  $41.310 \pm 7$  N e a força máxima foi de  $45.327 \pm 18$  N. Embora apresente tensão máxima ligeiramente superior à do ER70S-6, o ER80S-G possui menor tensão de escoamento, o que pode indicar menor resistência inicial à deformação plástica.

Ao analisar os ensaios, verifica-se que as forças exercidas para atingir o limite de escoamento apresentaram valores próximos, sendo  $40.857 \pm 10$  N para o arame **ER70S-6** e  $41.310 \pm 7$  N para o arame **ER80S-G**, resultando em uma diferença média de apenas 453 N ( $\approx 1,1\%$ ). Da mesma forma, a tensão de escoamento foi de  $790,6 \pm 0,4$  MPa para o **ER70S-6** e  $783,1 \pm 0,1$  MPa para o **ER80S-G**, diferença de 7,5 MPa ( $\approx 0,95\%$ ) em favor do **ER70S-6**. Apesar da tensão máxima do **ER80S-G** ( $853,5 \pm 0,5$  MPa) ser ligeiramente superior à do **ER70S-6** ( $845,2 \pm 0,1$  MPa), essa variação de 8,3 MPa ( $\approx 0,97\%$ ) não representa prejuízo estrutural significativo. Esses resultados indicam que a substituição do **ER80S-G** pelo **ER70S-6** é tecnicamente viável, oferecendo desempenho mecânico semelhante, com a vantagem de maior maleabilidade e custo inferior.

Os resultados demonstram que a substituição do arame **ER80S-G** pelo **ER70S-6** não se limita a uma estratégia de redução de custos, mas configura-se como



uma decisão técnica fundamentada, capaz de manter a integridade estrutural, garantir desempenho mecânico compatível e ampliar a eficiência produtiva. Essa evidência reforça a aplicabilidade prática do estudo e contribui para a disseminação de soluções economicamente viáveis e tecnicamente seguras no setor de fabricação de implementos rodoviários.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho utilizou-se da ciência dos materiais para estudar as estruturas dos arames descritos, como princípio teórico e embasamento no processo de soldagem com a substituição do arame sólido ER80GS para o material ER70S6 através de ensaios mecânicos, possibilitou-se agregar valor no material soldável e ao mesmo tempo reduzir custo no processo de fabricação.

A principal vantagem do material ER70S6 é a soldabilidade e sua resistência mecânica em chapas de *Hardox 450*, o que possibilitará esse estudo para que outras empresas metalúrgicas possam utilizar deste artigo como embasamento para a implementação do consumível.

Dessa maneira foi apresentado o arame sólido ER70S6 que tem sua estrutura em carbono, silício e manganês e na sua fundição no processo de soldagem com o material *hardox*, trouxe consigo a maximização dos resultados desde o custo do processo até a resistência mecânica, otimizando-se assim o implemento rodoviário que foi objeto de estudo.

Para dar continuidade ao projeto, propõe-se a implementação de outros tipos de materiais com fundamentação nesse modelo de arame, onde também possa ser feita uma verificação do quanto esse consumível se torna sustentável, com o pensamento em agregar um maior valor no produto e ao mesmo tempo uma conscientização no processo de fabricação com um menor índice de resíduos, onde o compartilhamento de informação traga novas ideias para os processos ajudando a economia energética para um mundo sustentável.



## REFERÊNCIAS

AUGSOLO.RU, **Aço resistente ao desgaste. Classes de aço resistente ao desgaste, o uso de aços resistentes ao desgaste**. São Paulo: Augsolo.Ru, 2020. 15 p. Disponível em: <https://augsolo.ru/pt/wearresistant-steel-stamps-of-wearresistant-steel-use-of-wearresistant-steels.html>. Acesso em: 27 ago. 2020.

COSTA, V. M. **Análise da tenacidade de uma junta soldada de um aço resistente à abrasão da série 450 HB**. 2014. 91 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

GOLDENSTEIN, Marcelo; SOUZA, Sebastião Décio Coimbra de; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias de. **A INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS E SUA IMPORTÂNCIA PARA O AUMENTO DA EFICIÊNCIA DO TRANSPORTE DE CARGAS NO BRASIL**. In: A INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS, 24., 2006, Rio de Janeiro. **Bens de Capital**. Rio de Janeiro: Bndes Setorial, 2006. v. 24, p.241-260. Disponível em : <https://pdfs.semanticscholar.org/f8bb/d42d4b944b2c2f8316fc7d6e95b9b55ebd5f.pdf>. Acesso em: 01 set. 2006.

HARDOX: **Descrição geral do produto**. Descrição geral do produto. 2018. SSAB. Disponível em: <https://www.ssab.com.br/api/sitecore/Datasheet/GetDocument?productId=2E560CEC942E47BFAD9B7843B9E5BB9C&language=pt-BR>. Acesso em: 02 dez. 2018.

IFSC. Definição de Soldagem. **Apostila de Soldagem**, [S. l.], p. 1-64, 1 abr. 2016. Disponível em: [www.joinville.ifsc.edu.br](http://www.joinville.ifsc.edu.br) > Soldagem > apostila soldagem. Acesso em: 22 ago. 2020.

SSAB. **Hardox 450 sheet**. 19, abr. 2017. Disponível em: <https://www.ssab.com.br/products/brands/hardox/products/hardox-450?accordion=downloads>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SULMIG. **classificação dos arames para os processos MIG/MAG**. 2011. Disponível em: <https://www.sumig.com/pt/blog/post/como-escolher-o-diametro-do-arama-de-solda-correto-nos-processos-mig-mag>. Acesso em: 22 ago. 2020. (8)

Cunha, G. W., Carara, L. A., Silva, L. H. M., Daleffe, A., Crozeta, N., Silva, J. V. da., Martins, H., & Casagrande, H. C. **COMPARATIVO ENTRE SOLDA MANUAL E AUTOMÁTICA EM AÇOS DISSIMILARES**. Revista Vincici - Periódico Científico do UniSATC, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 486–508, 2025. DOI: [10.70185/nmnxbm34](https://doi.org/10.70185/nmnxbm34). Disponível em: <https://revistavincici.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincici/article/view/417>. Acesso em: 29 jul. 2025.

SULMIG. **Tudo o que você precisa saber sobre o processo de soldagem MIG/MAG**. Caxias do Sul: SumigLab, 2018. 3 p. Disponível em: <https://www.sumig.com/pt/blog/post/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-o-processo-de-soldagem-mig-mag>. Acesso em: 27 ago. 2020.



Dal Molin, R. N., Daleffe, A., March, G., Casagrande, H. C. (2024). **ANÁLISE DE JUNTA DISSIMILAR SOLDADA COM ELETRODO ER70S-6 NO MATERIAL STRENGTH 700 COM AÇO ASTM A-36**. *Revista Vincçi - Periódico Científico do UniSATC*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 362–385, 2024. Disponível em: <https://revistavincçi.satc.edu.br/index.php/Revista-Vincçi/article/view/335>. Acesso em: 29 jul. 2025.

VIEIRA, Bruno Jalles de Meneses; SOUZA, Sebastião Décio Coimbra de. **ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA E NÍVEL DE CONCENTRAÇÃO NA INDÚSTRIA DE IMPLEMENTOS RODOVIÁRIOS NO BRASIL**. 2018. 16 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2018. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_264\\_518\\_35486.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_264_518_35486.pdf). Acesso em: 19 out. 2018.

VIEGAS, Daniel Bicalho. **Avaliação da resistência ao desgaste de um aço Hardox® 450 submetido a solda de revestimento duro, com arame tubular DIN 8555/MF-10-GF-60-GR utilizando o processo FCAW**. 2016. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Cap. 8.

Wang W, Liu S, Jones JE. **Flux arcwelding: arcsignals, processing and metal transfer characterization**. *Welding Journal*. 1995;82(3):369s-377s

Casagrande, H. C., Daleffe, A., March, G. de, Martins, H., Silva, J. V. da, & Schaeffer, L. (2024). **Influência da temperatura nas propriedades de uma junta soldada utilizando fluxo em pó para soldagem A-TIG**. *Revista De Gestão E Secretariado*, 15(8), e3907. <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i8.3907>