



## **Fabricação de peças metálicas por manufatura aditiva com diferentes características mecânicas superficiais**

## **Manufacture of metallic parts by additive manufacturing with different surface mechanical characteristics**

## **Fabricación de piezas metálicas mediante fabricación aditiva con diferentes características mecánicas superficiales**

Carlos Antonio Ferreira <sup>1</sup>

Henrique Cechinel Casagrande <sup>2</sup>

Anderson Daleffe <sup>3</sup>

Daniel Fritzen <sup>4</sup>

Gilson de March <sup>5</sup>

Lirio Schaeffer <sup>6</sup>

### **Resumo**

Em decorrência dos avanços tecnológicos constantes no ramo metalúrgico, e buscando contribuir para tal, o estudo é aplicado a um dos pilares da indústria 4.0, sendo este, a manufatura aditiva. Busca-se, imprimir peças com diferentes características superficiais, onde, após a fabricação não venha ser necessário utilizar tratamentos térmicos e tratamentos superficiais. Dessa forma, amostras foram impressas, com metal de base maleável utilizando-

---

<sup>1</sup>Doutorando em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Criciúma, Santa Catarina, Brasil. E-mail: [carlos.ferreira@satc.edu.br](mailto:carlos.ferreira@satc.edu.br)

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-4301-668X>

<sup>2</sup>Mestrando em Engenharia Metalúrgica. Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (UniSATC). Criciúma, Santa Catarina, Brasil. E-mail: [henrique\\_cechinel@hotmail.com](mailto:henrique_cechinel@hotmail.com)

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-7165-0304>

<sup>3</sup>Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Criciúma, Santa Catarina, Brasil. E-mail: [anderson.daleffe@satc.edu.br](mailto:anderson.daleffe@satc.edu.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7050-3816>

<sup>4</sup>Doutor em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Criciúma, Santa Catarina, Brasil. E-mail: [daniel.fritzen@satc.edu.br](mailto:daniel.fritzen@satc.edu.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9550-6690>

<sup>5</sup>Mestrando em Engenharia Metalúrgica. Associação Beneficente da Indústria Carbonífera de Santa Catarina (UniSATC). Criciúma, Santa Catarina, Brasil. E-mail: [gilso.march@satc.edu.br](mailto:gilso.march@satc.edu.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1844-4542>

<sup>6</sup>Doutor em Conformação Mecânica. RWTH Aachen University (RWTHA). Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: [schaefer@ufrgs.br](mailto:schaefer@ufrgs.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3427-2405>





se o arame de soldadura AWS A5.18 ER70S-6. Já para a região da superfície, utilizou-se o arame AWS A5.28 HL 85 MC-B, arame para soldagem de aços baixa liga e alta resistência mecânica. Ressalta-se o uso da técnica de soldagem TANDEM como aliada na deposição dos materiais, visto que se utilizam dois materiais de diferentes características. Para determinar os resultados, foram impressas duas paredes de 200 mm de comprimento e aproximadamente 35 mm de altura, que posteriormente foram cortadas três amostras para análise metalográfica e ensaio de microdureza Vickers. Os resultados se mostraram eminentes, sendo que para o material com arame AWS A5.18 ER70S 6 a dureza ficou entre 194 à 210 HV, e para o material AWS A5.28 HL 85 MC-B a dureza ficou com valores entre 262 à 277 HV, podendo este valor chegar em aproximadamente 356 HV ao se tratar da última camada depositada, onde ocorre troca térmica com ambiente sem reaquecimento, diferente dos demais cordões depositados que são reaquecidos a cada camada impressa.

**Palavras-chave:** Fusão Localizada. Processo de Soldagem Tandem. Arame de Soldagem ER70S-6. Arame de Soldagem HL 85 MC-B. Manufatura Aditiva.

### **Abstract**

As a result of constant technological advances in the metallurgical sector, and seeking to contribute to this, the study is applied to one of the pillars of industry 4.0, this being additive manufacturing. The aim is to print parts with different surface characteristics, where, after manufacturing, it will not be necessary to use heat treatments and surface treatments. In this way, samples were printed with malleable base metal using AWS A5.18 ER70S-6 welding wire. For the surface region, AWS A5.28 HL 85 MC-B wire was used, a wire for welding low-alloy steels with high mechanical resistance. It is worth highlighting the use of the TANDEM welding technique as an ally in the deposition of materials, as two materials with different characteristics are used. To determine the results, two walls measuring 200 mm long and approximately 35 mm high were printed, and three samples were subsequently cut for metallographic analysis and Vickers microhardness testing. The results were eminent, and for the material with wire AWS A5.18 ER70S 6 the hardness was between 194 and 210 HV, and for the material AWS A5.28 HL 85 MC-B the hardness was between 262 and 277 HV, this value can reach approximately 356 HV when dealing with the last deposited layer, where thermal exchange occurs with an environment without reheating, unlike the other deposited strands that are reheated with each printed layer.





**Keywords:** Localized Fusion. Tandem Welding Process. ER70S-6 Welding Wire. HL 85 MC-B Welding Wire. Addictic Manufacturing.

### Resumen

Como resultado de los constantes avances tecnológicos en el sector metalúrgico, y buscando contribuir a ello, el estudio se aplica a uno de los pilares de la industria 4.0, como es la fabricación aditiva. El objetivo es imprimir piezas con diferentes características superficiales, donde, tras su fabricación, no será necesario utilizar tratamientos térmicos ni tratamientos superficiales. De esta manera, se imprimieron muestras con metal base maleable utilizando alambre de soldadura AWS A5.18 ER70S-6. Para la región superficial se utilizó alambre AWS A5.28 HL 85 MC-B, alambre para soldar aceros de baja aleación y alta resistencia mecánica. Cabe destacar el uso de la técnica de soldadura TANDEM como aliado en la deposición de materiales, al utilizarse dos materiales con características diferentes. Para determinar los resultados, se imprimieron dos paredes de 200 mm de largo y aproximadamente 35 mm de alto, y posteriormente se cortaron tres muestras para análisis metalográficos y pruebas de microdureza Vickers. Los resultados fueron eminentes, y para el material con alambre AWS A5.18 ER70S 6 la dureza estuvo entre 194 y 210 HV, y para el material AWS A5.28 HL 85 MC-B la dureza estuvo entre 262 y 277 HV, este valor puede alcanzar aproximadamente 356 HV cuando se trata de la última capa depositada, donde el intercambio térmico se produce con un ambiente sin recalentamiento, a diferencia de las demás hebras depositadas que se recalientan con cada capa impresa.

**Palabras clave:** Fusión Localizada. Proceso de Soldadura en Tándem. Alambre de Soldadura ER70S-6. Hilo de Soldadura HL 85 MC-B. Fabricación Adictiva.

### Introdução

Segundo Artaza et al. (2017), o processo de manufatura aditiva por arco de arame, Wire and Arc Additive Manufacturing (WAAM), consiste na deposição de material camada por camada.

O processo de manufatura aditiva é uma combinação de material de soldagem a arco e de matéria-prima. Esse método vem sendo utilizado no processo de soldagem a arco de metal





a gás (GMAW), também pode ser usado na soldagem a arco de tungstênio a gás (GTAW) ou até mesmo na soldagem a arco por plasma (PAW), (Tarbeneiro et al., 2018).

Dos desafios existentes dentro do processo de manufatura aditiva por arco de arame, o mais desafiador é desenvolver ou produzir peças livres de defeitos e com boas condições físicas, mecânicas e propriedades metalúrgicas, atendendo as exigências da engenharia (Singh et al., 2017).

Para facilitar o processo de fabricação das amostras, visto que para cada tipo de material aplicado neste trabalho é necessário parâmetros de soldagens diferentes, utiliza-se o processo de soldagem TANDEM, que segundo a norma AWS D1.1/D1.1M:2020, o termo TANDEM, é referente a posição geométrica dos eletrodos, onde a linha entre os arcos elétricos é paralela à direção de soldagem. Aplica-se este método quando há necessidade de grande produção, ou para quando há necessidade de deposição de diferentes materiais. O processo TANDEM trabalha com uma fonte de energia separada para cada tocha de deposição (AWS D1.1/D1.1M:2020).

Neste contexto, busca-se através do processo de manufatura aditiva juntamente com o processo de soldagem TANDEM, desenvolver peças com diferentes características mecânicas superficiais.

### **Materiais e Métodos**

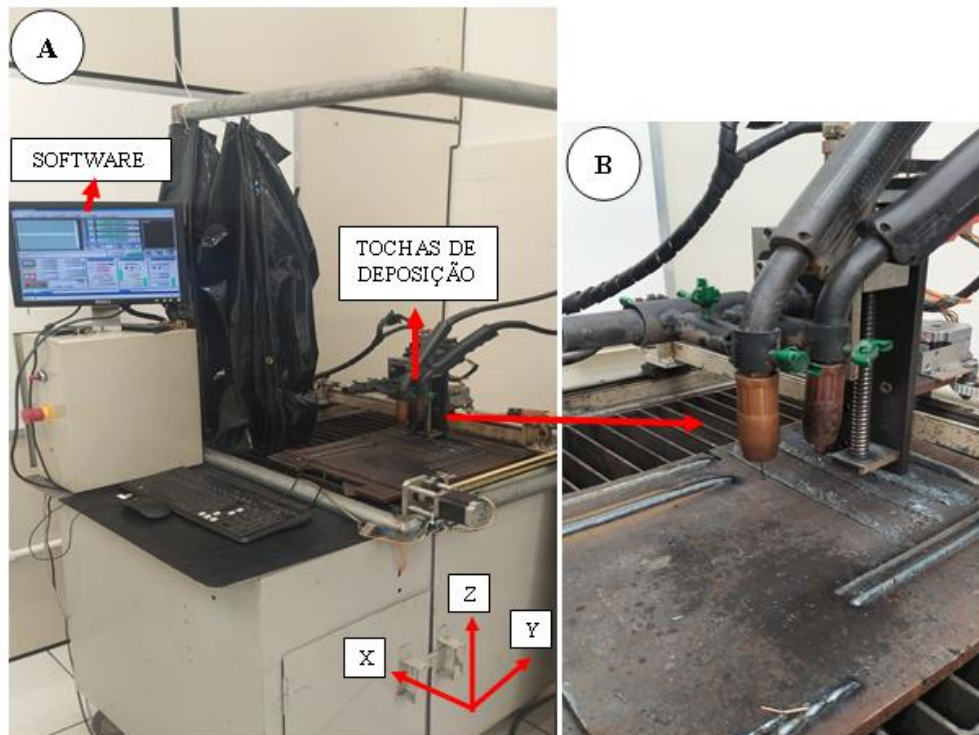
O presente estudo é concentrado na fabricação/impressão de peças por manufatura aditiva por arco de arame, onde estuda-se dois arames de soldagem: AWS A5.18 ER70S-6 e AWS A5.28 HL 85 MC-B.

O equipamento utilizado é uma junção entre o processo de manufatura aditiva por fusão localizada e o processo de soldagem TANDEM. A Figura 1, traz o equipamento utilizado para fabricação das amostras.



**Figura 1**

*Equipamento de manufatura aditiva*



A Figura 1-A, traz a máquina de manufatura aditiva, essa por sua vez, é composta por um Software denominado MACH 3. Este possui programação CNC (Centro Numérico Computadorizado), responsável para o desenvolvimento da programação para deposição de metal, sendo essas coordenadas em três eixos (X, Y e Z). Em destaque na Figura 1-B, estão duas tochas para deposição. Foi adotado essa técnica de duas tochas (TANDEM), para melhor desenvolver as peças para os ensaios mecânicos, visto que foi utilizado dois metais de diferentes características e que necessitam de parâmetros de soldagem dissemelhante, facilitando assim a produção das amostras.

## 2.1 Arame ER70S-6

ER70S-6, é considerado um material para soldagem de uso geral, sendo um arame de extremo controle de cordão e microestrutura, onde este, possui baixa resistência a elevadas temperaturas e a ambientes agressivos (ESAB, 2023).

Como citado anteriormente, utilizou-se como material de soldagem de baixa resistência mecânica o arame do fabricante ESAB ER70S-6, sendo este fornecido em bobinas



de 15 kg. Para este estudo, utilizou-se os diâmetros de 1,2 e 1 mm. A composição química deste material é melhor compreendida na Tabela 1 logo abaixo. A norma para este arame é a AWS A5.18.

**Tabela 1**

*Composição química arame ER70S-6*

Componente	Valor (%)
Carbono (C)	0,07
Silício (Si)	0,90
Manganês (Mn)	1,50
Enxofre (S)	0,010
Fósforo (P)	0,013

Fonte: ESAB, 2023

## 2.2 Arame HL 85 MC-B

O material HL 85 MC-B é um arame tubular, utilizado em soldagem de aços baixa liga e de alta resistência mecânica. É utilizado para soldadura de metais tais como AISI 4130, 4140, 8640 bem como outros. Normalmente, utiliza-se como gás de proteção argônio (Ar) + Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), (BOHLER WELDING., 2023). A norma para este arame é a AWS A5.28. Este material é fornecido pelo fabricante BÖHLER em bobinas de 15 kg.

**Tabela 2**

*Composição química arame HL 85 MC-B*

Componente	Valor (%)
Carbono (C)	0,07
Silício (Si)	0,40
Manganês (Mn)	1,40
Cromo (Cr)	0,50
Níquel (Ni)	2,20
Molibdênio (Mo)	0,40

Fonte: BOHLER WELDING, 2023

## 2.3 Fabricação das Amostras

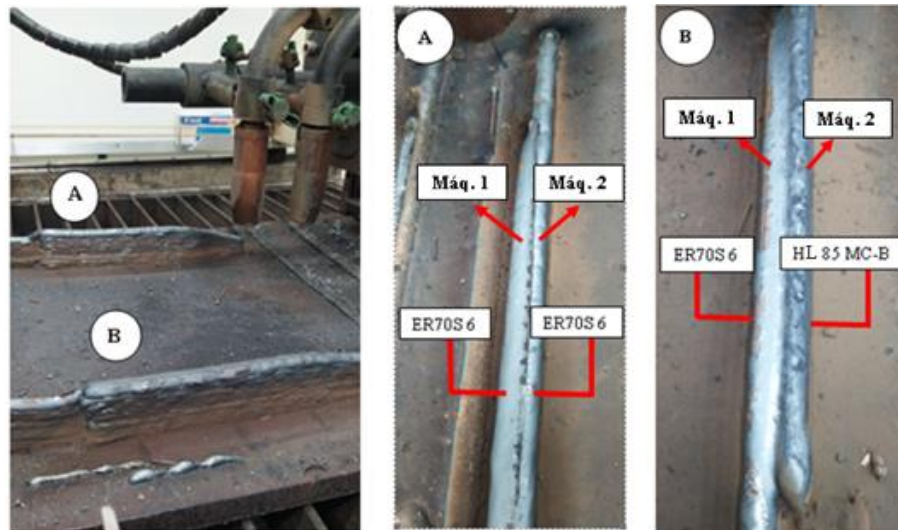
Utilizando-se a máquina de manufatura aditiva, corpos de prova foram impressos com 200 milímetros de comprimento. A Figura 2 exemplifica a metodologia utilizada. Na imagem destacada como “A”, foi realizado a impressão de dois cordões com o mesmo material, sendo estes o arame ER70S-6, o objetivo é avaliar a união dos cordões em sentido transversal a



direção depositada. Na imagem destacado como “B”, foi depositado o material ER70S-6 e o material HL 85 MC-B, este por sua vez, será avaliado a união entre os cordões depositados bem como a microestrutura na união entre os dois materiais.

## Figura 2

*Produção das amostras para ensaios mecânicos*



Na sequência, as Tabelas 3 e 4 trazem os parâmetros utilizados para a fabricação das amostras. Afim de entender a quantidade de metal depositado por cada tocha, foi realizado uma amostragem pesando uma chapa antes e logo após a soldadura para cada material, e realizado o balanço de massa. Para a fabricação das amostras, foi utilizado uma máquina da ESAB modelo SMASHWELD 250E, e uma máquina da White Martins modelo VI 320. Todas as amostras foram impressas com gás ativo, sendo 75% de argônio e 25% de CO<sub>2</sub>, e com velocidade de avanço do CNC em 400 mm/min. A Tabela 3 demonstra os parâmetros utilizados para fabricação das amostras somente com o material ER70S-6, bem como os resultados relacionados a manufatura aditiva, como por exemplo altura média para cada deposição, largura e quantidade de material depositado por máquina.



**Tabela 3**

*Soldagem arame ER70S-6 vs ER70S-6*

Parâmetros	ESAB SMASHWELD	WHITE MARTINS
Tensão (V)	19	18
Corrente (A)	120	100
Vazão gás (L/min)	10	10
Velocidade do arame (m/min.)	6,0	5,5
Diâmetro do arame (mm)	1	1
Quantidade de cordões	12	12
Altura de deposição (mm)	2,62	2,62
Largura de deposição (mm)	11,49	11,49
Altura total (mm)	33,5	33,5
Material depositado Máq. 1 ESAB (%)	53,68	-
Material depositado Máq. 2 White M. (%)	-	46,32

Vale salientar que ao se referir como máquina 1, trata-se da máquina ESAB SMASHWELD 250E, e ao se mencionar máquina 2, é referente ao equipamento de soldagem White Martins VI 320.

A Tabela 4 é referente aos parâmetros do material ER70S-6 com o material HL 85 MC-B, nota-se um aumento no valor de corrente para o arame HL 85 MC-B. Este aumento é devido o tipo de material, ou seja, as características intrínsecas do arame, necessitando-se de um valor de corrente maior para derreter o consumível.

**Tabela 4**

*Soldagem arame ER70S-6 vs HL 85 MC-B*

Parâmetros	ESAB SMASHWELD (ER70S-6)	WHITE MARTINS (HL 85 MC-B)
Tensão (V)	20	22
Corrente (A)	190	165
Vazão gás (L/min)	10	10
Velocidade do arame (m/min.)	6,0	5,5
Diâmetro do arame (mm)	1,2	1,2
Quantidade de cordões	12	12
Altura de deposição (mm)	2,58	2,58
Largura de deposição (mm)	16,78	16,78
Altura total (mm)	33	33
Material depositado Máq. 1 ESAB (%)	55,52	-
Material depositado Máq. 2 White M. (%)	-	44,68

Após a impressão das amostras, essas foram cortadas em uma serra fita da fabricante Franho modelo FM 18S, e posteriormente retificadas em uma retífica plana Mello modelo P36, conforme Figura 3.



**Figura 3**

*Preparação das amostras para análise de metalografia e microdureza*



## 2.4 Ensaio de Metalografia

Para analisar a estrutura das amostras foi realizado a preparação com três corpos de prova com reagente Nital 2 % com tempo de ataque 5 segundos. Na sequência foi realizado o ensaio no microscópio Olympus modelo SC30, conforme norma ABNT NBR 15454.

## 2.5 Ensaio de Microdureza Vickers

Para o ensaio de microdureza Vickers utilizou-se o equipamento microdurômetro modelo HMV-2TADW da marca SHIMADZE®, seguindo a norma ABNT NBR ISO 6507, onde foi realizado endentações no sentido transversal e longitudinal ao sentido da deposição do metal, afim de analisar a dureza entre os cordões e os valores de dureza para os diferentes materiais, o estudo foi ao longo de um perfil, onde, realizou-se aproximadamente 20 penetrações no sentido longitudinal (sentido de maior comprimento) e aproximadamente 12 no sentido transversal, aplicando-se uma força de 4,903 N, e uma distância de 1,5 mm a cada penetração. Os resultados foram obtidos através da Equação 1, obtida de (Fereidooni & Ghasemi, 2023).

$$HV = \frac{1,8544 \cdot F}{d^2} \quad (1)$$

onde:

HV: Hardness Vickers (HV);

F: Carga aplicada (Kg);

d<sup>2</sup>: Distância entre as diagonais (mm)



## Resultados e Discussões

### 3.1 Microdureza Vickers

A Tabela 5 demonstra os resultados obtidos através do ensaio de microdureza Vickers. Para a coluna descrita como longitudinal para o arame ER70S-6, os resultados ficaram entre 194,25 HV até 210,11 HV, com desvio padrão de até 26 HV. Comparado com a literatura, o aço SAE 1020 possui uma média de 155 HV (Holzmann et al., 2020), já para um aço SAE 1045, dependendo seu processo de fabricação, tem-se um valor médio de 185 HV (Paula., 2019). Percebe-se que para o arame ER70S-6, os valores de dureza ficaram um pouco acima comparado a um aço SAE 1045.

**Tabela 5**

*Resultado de microdureza Vickers*

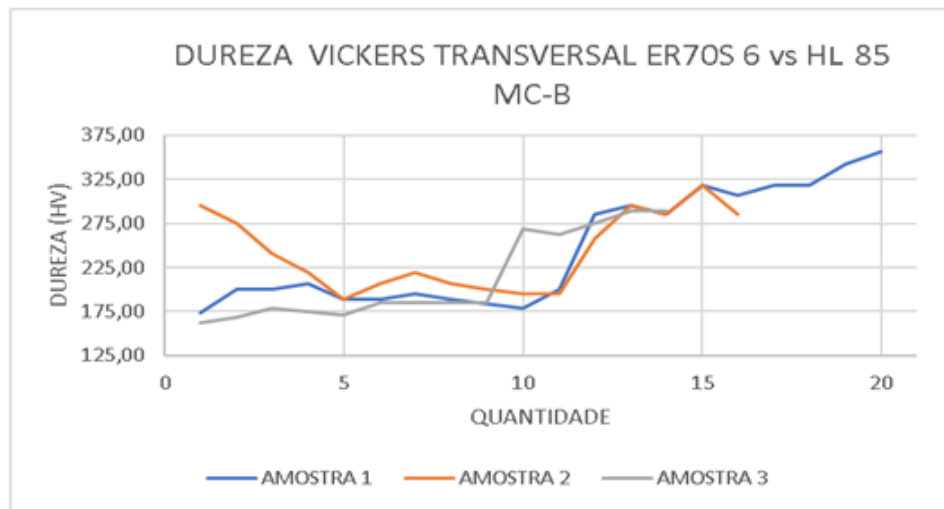
Amostras	Longitudinal ER70S-6	Longitudinal HL 85 MC-B
Amostra 1 Dureza média (HV)	<b>209,62</b>	<b>262,53</b>
Amostra 1 Desvio padrão:	26,13	28,57
Amostra 2 Dureza média (HV)	<b>210,11</b>	<b>277,34</b>
Amostra 2 Desvio padrão:	18,31	19,11
Amostra 3 Dureza média (HV)	<b>194,25</b>	<b>263,39</b>
Amostra 3 Desvio padrão:	15,84	8,34

A Figura 4 detalha a dureza em sentido transversal para as três amostras ensaiadas, ou seja, a primeira endentação se iniciou no material ER70S-6 e a última endentação foi realizada no material HL 85 MC-B. Os valores se iniciam em aproximadamente 162 HV e em seu ponto de maior dureza pode chegar à 356 HV. Novamente o material se iniciou com características de dureza entre um aço de baixo à médio teor de carbono. Já para a dureza a partir da décima endentação, é possível perceber o aumento crescente de até 356 HV, este valor fica próximo de um aço SAE 1045 temperado, de aproximadamente 360 HV (Aços especiais, 2023).



**Figura 4**

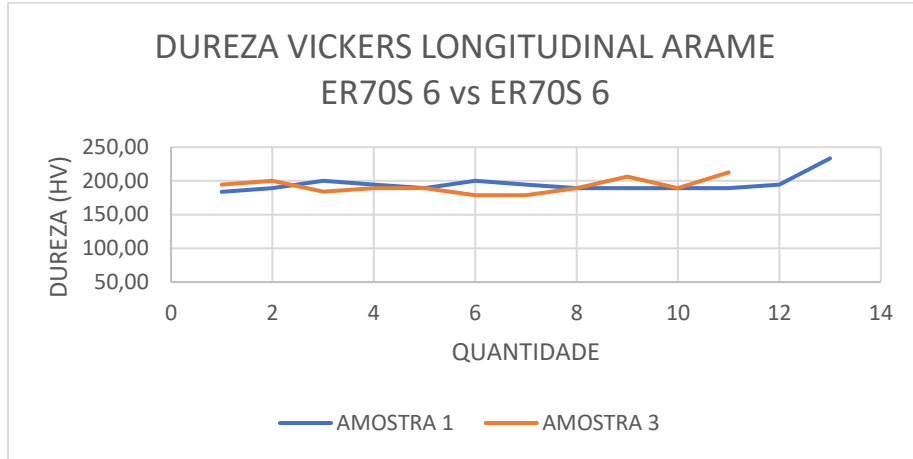
*Análise de microdureza Vickers na transversal com material ER70S-6 e HL 85 MC-B*



Para a Figura 5, demonstra-se os ensaios realizados nas amostras do arame ER70S-6 vs ER70S-6 em sentido longitudinal. A amostra de número dois foi desclassificada por uma falha na preparação da mesma. Analisando as amostras de número um e três, é possível perceber um aumento de dureza próximo as últimas endentações, isso ocorre devido ao fato de na parte final das impressões de material o último cordão não sofrer reaquecimento, pois ele nunca se torna um substrato como acontece com os cordões depositados anteriormente. Assim sendo, este cordão final se torna vulnerável a troca de calor com o ambiente externo, ocorrendo assim, um tratamento térmico e consequentemente um aumento de dureza nessa região, que ficou com aproximadamente 233 HV. Já o restante das amostras apresentou uma média de 192 HV e 11 HV de desvio padrão.

**Figura 5**

*Microdureza Vickers para as amostras do arame ER70S-6 vs ER70S-6 em sentido longitudinal*

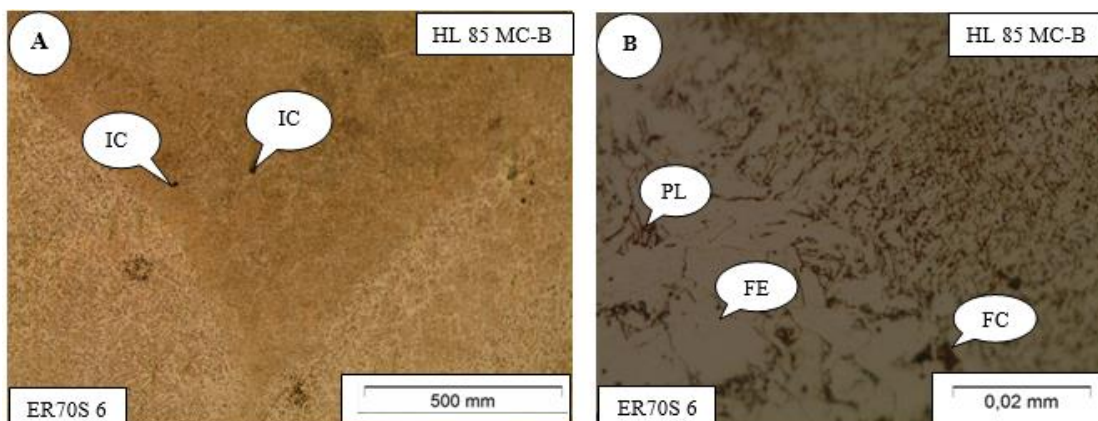


### 3.2 Ensaio de Metalografia

A Figura 6 traz à análise realizada na fronteira entre os arames ER70S 6 e HL 85 MC-B. De acordo com tal, onde, denominado com “A”, tem-se a metalografia com aumento de 50 vezes, percebe-se a diferença morfológica em relação ao tamanho dos grãos. Para a região onde está depositado o material ER70S-6, os grãos possuem uma geometria maior em comparação a região da deposição HL 85 MC-B. Para melhor compreender tal imagem, foi desenvolvido abreviaturas, tais como: IC: Inclusão; PL: Perlita; FE: Ferrita equiaxiais, FC: agregados de ferrita e carbonetos.

**Figura 6**

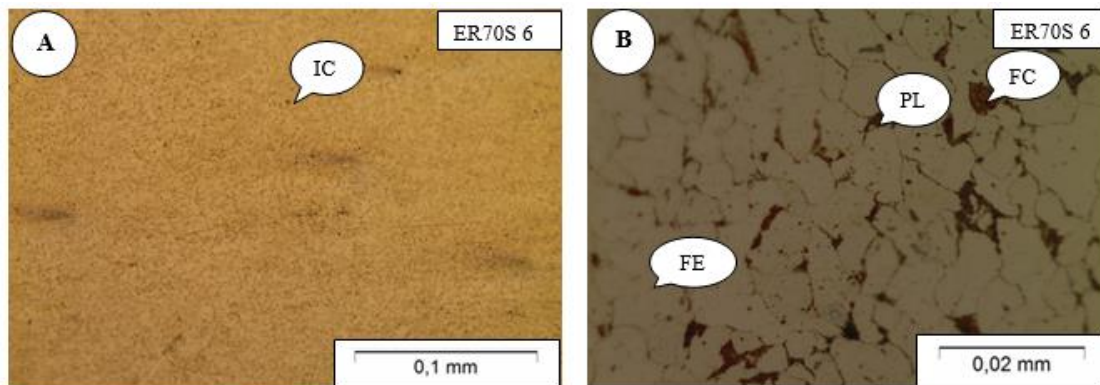
*Análise metalográfica entre ER70S-6 e HL 85 MC-B (Fronteira)*



Percebe-se então a inclusão de pequenos pontos na estrutura conforme Figura 7–A. Já para a Figura 7-B, com aumento de 1000 vezes, é possível avaliar grãos de ferrita equiaxiais nucleados no contorno de grão austenítico, bem como a formação de perlita nas regiões escuras e agregados de ferrita e carboneto originadas na transição entre a fase ferrita e o microconstituente perlita.

### Figura 7

Análise metalográfica entre o arame ER70S-6 vs ER70S-6



A Figura 7 demonstra as amostras com arame ER70S-6 vs ER70S-6, nota-se na Figura 8-A existe boa homogeneidade de tamanho de grãos, entretanto, ao avaliar a Figura 8-B com aumento de 1000 vezes percebe-se estruturas de ferritas equiaxiais (FE) e regiões de concentração de perlita (PL).

### Conclusão

Após análises realizadas e resultados obtidos, pode-se concluir que:

As amostras aplicadas aos materiais ER70S-6 vs HL 85 MC-B apresentaram valores que corresponde ao esperado. O arame ER70S-6 é um metal para soldadura de uso geral que aplicado ao processo de manufatura aditiva apresentou uma dureza aproximada de um aço SAE 1045 laminado, material este que é considerado um aço com médio teor de carbono. Já ao se aplicar o arame HL 85 MC-B, a dureza se elevou a um nível comparado ao mesmo aço SAE 1045, porém com tratamento térmico.

Para análise metalográfica, o arame ER70S-6 apresentou uma estrutura com tamanho de grãos maiores em relação ao HL 85 MC-B, onde, sabe-se que o tamanho de grão influencia na resistência mecânica do material. A estrutura com tamanho de grão menor, terá uma



resistência mecânica maior. Isso se fez verdade ao ser realizado a análise de microdureza Vickers e constatado uma diferença com mais de 150 HV. Ainda, para as análises metalográficas, concluiu-se que as amostras obtiveram estrutura ferrítica e perlítica. Vale ressaltar, que a união entre os cordões depositados obteve boa homogeneidade, ponto este, positivo para o estudo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Centro Universitário – UNISATC pelo apoio a pesquisa através do uso de sua estrutura de laboratórios e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina – FAPESC pelo apoio financeiro na compra de equipamentos e insumos para pesquisa.

### Referências

- Artaza, T.; Albert, A.; Murua, M.; Gorrotxategi, J.; Frías, J.; Puertas, G.; Melchor, M.; Mugica, D.; Suárez, A. *Design and integration of WAAM technology and in situ monitoring system in a gantry machine*. ScienceDirect. 2017, 778-785.
- AÇOS ESPECIAIS. *Aço 1045 temperado*. São Paulo. 2023. Disponível em: <https://www.acoespecial.com.br/aco-1045-temperado#:~:text=O%20a%C3%A7o%201045%20temperado%20possui,a%20sua%20inten%C3%A7%C3%A3o%20de%20obten%C3%A7%C3%A3o.> . Acessado em: 28/08/23.
- AWS D1.1/D1.1M:2020. Structural Welding Code – Steel. American Welding Society, 2020.
- BOHLER WELDING. *CONSUMÍVEIS PARA SOLDAGEM: Arames tubulares para a soldagem de aços carbono baixa liga*. SBR. P. 7. Disponível em: <http://sbrrevestimentos.com.br/assets/pdfs/bohler.pdf> . Acessado em: 27/08/2023.
- ESAB, ER70S 6. *% de análise típica de metal de solda*. 2023. Disponível em: [https://esab.com/us/nam\\_en/products-solutions/product/filler-metals/mild-steel/mig-wires-tig-rods-gmaw-gtaw/weld-70s-6/](https://esab.com/us/nam_en/products-solutions/product/filler-metals/mild-steel/mig-wires-tig-rods-gmaw-gtaw/weld-70s-6/) . Acessado em: 26/08/2023.
- Fereidooni, D.; Ghasemi, F. *Development of a mandrel indentation test to evaluate surface hardness of dimensional building stones and comparison to Vickers hardness*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences 170 (2023). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S136516092300165X> . Acessado em: 05/06/2024.
- H. A. Holzmann, J. V. B. Razente, R. V. B. Biscaia. *AVALIAÇÃO DA SOLDA MAG UTILIZANDO ARAME AWS A5.18 ER70S-6 EM MANUTENÇÃO DE PEÇAS DE AÇO*





AISI 4140. The Journal of Engineering and Exact Sciences –jCEC, Vol. 06 N. 03 (2020). Disponível em:< <https://periodicos.ufv.br/jcec/article/view/10601/5917>>. Acessado em: 27/08/2023.

Paula, M. *DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO DE SINTERFORJAMENTO A QUENTE DE UMA CRUZETA DE AÇO ABNT 1045. Dissertação para obtenção do título de mestre em engenharia.* Universidade Federal do Rio Grande do Sul, escola de engenharia programa de pós-graduação em engenharia de minas, metalúrgica e de materiais - PPGE3M. Pág. 63. 2019. Disponível em:< <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/212390/001113831.pdf?sequence=1>> Acessado em: 28/08/2023.

Rodrigues, L.; Santos, C.; Veloso, R.; Lemos, M.; Cabral, R.; *Estudo da microestrutura e microdureza dos aços 1020 e 1060.* Centro Universitário de Volta Redonda - UniFOA, Faculdade de Tecnologia Campus Regional de Resende – UERJ. Pág. 39-44. Disponível em: < <https://unifoa.emnuvens.com.br/cadernos/article/view/263/215>> Acessado em: 28/08/2023.

Singh, S.; Ramakrishna, S.; Singh, R. *Material issues in additive manufacturing: A review.* J. Manuf. Process. 2017, 25, 185–200.

Tarbeneiro, I.; Paskuala, A.; Álvarezb, P.; Suárezcb, A. *Study on Arc Welding processes for High Deposition Rate Additive Manufacturin. CIRP, Conference on Electro Physical and Chemical Machinin.* Spain.V.68, p.358-362, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/Science/article/pii/S2212827117310363> Acesso em: 29/07/2023.

Received: 06.07.2024

Accepted: 06.28.2024

