



## ESTUDO COMPARATIVO DE LIGAS A BASE DE NÍQUEL DEPOSITADAS POR ASPERSÃO TÉRMICA

### *COMPARATIVE STUDY OF NICKEL-BASED ALLOYS DEPOSITED BY THERMAL SPRAY*

Alessandro Fraga Farah<sup>I</sup>  
 Breno Adriano Mantovani Ferreira<sup>II</sup>  
 Pedro Lucas Rosa<sup>III</sup>  
 Solange Pereira dos Santos Farah<sup>IV</sup>

**Área:** A4. Gestão de Sistemas Mecânicos e Industriais (GESMI)

**Subárea:** S7: Metalurgia e Processos de Soldagem

### RESUMO

A grande variedade de materiais desenvolvidos para serem utilizados pelo processo de aspersão térmica, nas mais diversas áreas de aplicação, a elevada vida útil desses depósitos aspergidos, a possibilidade de reparos imediatos em áreas danificadas e a utilização logo após sua aplicação, são benefícios que têm contribuído para o sucesso desse tipo de revestimento. Para que os benefícios do processo sejam bem aproveitados é importante o desenvolvimento de ligas específicas para resistir às mais diversas condições de serviço, além do aperfeiçoamento dos processos utilizados. O controle de parâmetros tais como, porosidade e teor de óxidos, quando controlados, melhoram a qualidade do revestimento. Este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes ligas de revestimentos à base de Níquel, aspergidas pelos processos de aspersão térmica a arco elétrico e por chama, aplicados em substrato de aço carbono SAE 1020, previamente preparados. As propriedades de dureza do revestimento, características microestruturais e resistência ao desgaste foram avaliadas. Os resultados encontrados neste estudo mostram que a quantidade e distribuição dos carbonetos e a dureza da matriz melhoraram o desempenho dos revestimentos.

**Palavras-chave:** Aspersão térmica. Revestimento. Níquel. Desgaste. Microestrutura.

### ABSTRACT

The wide variety of materials developed to be used by the thermal spraying process, in the most diverse areas of application, the long useful life of these sprayed deposits, the possibility of immediate repairs in damaged areas and the use soon after its application, are benefits that have contributed to the success of this type of coating. In order for the benefits of the process to be fully utilized, it is important to develop specific alloys to withstand the most diverse service conditions, in addition to improving the processes used. The control of parameters such as porosity and oxide content, when controlled, improves the quality of the coating. This

<sup>I</sup> Prof. Dr. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. [alessandro.farah@fatec.sp.gov.br](mailto:alessandro.farah@fatec.sp.gov.br)

<sup>II</sup> Tecnólogo em Mecânica: Processos de Soldagem da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. [breno.ferreira5@fatec.sp.gov.br](mailto:breno.ferreira5@fatec.sp.gov.br)

<sup>III</sup> Tecnólogo em Mecânica: Processos de Soldagem da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil [pedro.rosa10@fatec.sp.gov.br](mailto:pedro.rosa10@fatec.sp.gov.br)

<sup>IV</sup> Prof. Me. da Faculdade de Tecnologia Deputado Waldyr Alceu Trigo de Sertãozinho (Fatec-Stz) – São Paulo – Brasil. [solange.farah@fatec.sp.gov.br](mailto:solange.farah@fatec.sp.gov.br)



work aims to evaluate different alloys of nickel-based coatings, sprayed by thermal spraying processes by electric arc and by flame, applied on previously prepared SAE 1020 carbon steel substrate. Coating hardness properties, microstructural characteristics and wear resistance were evaluated. The results found in this study show that the amount and distribution of carbides and the hardness of the matrix improved the performance of the coatings.

**Keywords:** Thermal spray. Coating. Nickel. Wear. Microstructure.

Data de submissão do artigo: 16/07/2023.

Data de aprovação do artigo: 25/10/2023.

DOI: 10.33635/sitefa.v1i1.270

## 1 INTRODUÇÃO

A Aspersão Térmica consiste em um grupo de processos por meio dos quais se deposita, sobre uma superfície previamente preparada, camadas de materiais metálicos ou não metálicos (LIMA; TREVISAN, 2007), onde o objetivo é proteger superfícies de danos causados pela corrosão, desgaste superficial, condutividade ou isolamento elétrico e térmico e na obtenção de formatos desejados, provenientes do reparo de peças e componentes estruturais. A aplicação da técnica de Aspersão Térmica (AT) vem aumentando bastante, devido à preocupação por parte das indústrias, em aumentar a vida útil dos materiais expostos aos ambientes sujeitos a diferentes tipos de desgaste (FREITAS, 2015). Entre outros benefícios proporcionados pelo processo de aspersão térmica, se destacam: resistência ao desgaste superficial, aumento de condutividade ou isolamento elétrico e térmico e recuperação de peças e componentes.

A grande variedade de materiais desenvolvidos para serem utilizados por esse processo, nas mais diversas áreas de aplicação, a elevada vida útil desses depósitos aspergidos, a possibilidade de reparos imediatos em áreas danificadas e a utilização logo após sua aplicação, são benefícios que tem contribuído para o sucesso desse tipo de revestimento (FREITAS, 2015; LIMA; TREVISAN, 2007).

Para resistir às mais diversas condições de serviço, o desenvolvimento de ligas específicas e aperfeiçoamento dos processos tem sido estudados, melhorando as propriedades de porosidade e teor de óxidos, acarretando a melhoria da qualidade do revestimento.

Este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes ligas à base de Níquel, aspergidas de pelos processos de aspersão térmica a arco elétrico e por chama, aplicados numa superfície de aço carbono SAE 1020, previamente preparada. As propriedades que foram avaliadas são: dureza do revestimento, microestrutura e resistência ao desgaste.

## 2 ASPERSÃO TÉRMICA

A aspersão térmica é classificada como sendo um grupo de processos usando materiais metálicos ou não metálicos, para depositar uma quantidade de componentes em conjuntos, nas condições fundidas ou semifundidas sobre uma superfície preparada, aplicando esses componentes juntos se alcança um efeito maior, esses componentes podem estar na forma de pó, vareta, cordão ou arame (LIMA; TREVISAN, 2007).

Nos processos de aspersão térmica, os materiais para deposição são fundidos ou aquecidos em uma tocha de aspersão através da queima de um gás combustível ou da geração de um arco elétrico (LACERDA *et al.*, 2021). Após fusão, o material é finamente atomizado e



acelerado por gases sob pressão contra a superfície do substrato e o atinge no estado fundido ou semifundido. Ao choque com a superfície, as partículas achatam-se formando uma fina estrutura lamelar que adere ao material base, e na sequência, às partículas já aspergidas anteriormente (LACERDA *et al.*, 2021; BORCHATE; LERMEN, 2014.).

Segundo Lima *et al.* (2013), o processo de aspersão a Arco Elétrico (Arc Spray) apresenta, normalmente, maiores taxas de deposição do que outros processos de aspersão térmica e produz um revestimento de alta aderência e alta densidade. Caracteriza-se como um processo de alta produtividade, com altas taxas de deposição, combinando com baixo custo dos consumíveis.

A versatilidade do processo é aprimorada ainda mais pela ampla gama de materiais que podem ser pulverizados e pela possibilidade de revestir peças com diferentes dimensões e geometrias (FARIA *et al.* 2020).

Segundo Mariano e Paredes (2010), a técnica é usada para melhorar a durabilidade de peças, evitar a corrosão ou mesmo para preencher falhas em peças (manutenção de peças).

Como característica do processo, segundo Lacerda *et al.* (2021), a estrutura formada apresenta a presença de poros, trincas, inclusões de óxidos e falta de aderência em alguns pontos. De acordo com Macedo *et al.* (2006), todos são defeitos típicos do processo, porém, podem ser controlados a níveis aceitáveis mediante a escolha adequada da técnica de aspersão e dos parâmetros de aspersão.

São vários os processos utilizados para deposição de revestimentos por aspersão térmica. Porém, todos esses processos e algumas variações podem ser classificados em função dos métodos de aquecimento e material a ser aspergido. Os processos mais comuns para gerar revestimentos por aspersão térmica são: Aspersão por chama (*Flame Spray – FS*), (High Velocity Oxi-fuel Flame - HVOF), Aspersão por Plasma (*Atmosferic Plasma Spraying – APS*) e Aspersão por Arco Elétrico (*Arc Spraying – ASP*) (OSSIMAR, 2006).

O trabalho em questão analisou revestimentos feitos por Chama Pó e por Arco Plasma Transferido.

## 2.1 Aspersão por chama a gás (*Flame Spray*)

Esse tipo de Aspersão é considerado ideia para superfícies que não tenham que reagir a estresses extremos, pois resultando de um revestimento que não tem forte aderência a superfície do material, é mais indicado para uma aplicação de intensidade baixa devido ao seu baixo custo (MARQUES, 2019).

Segundo Freitas (2015), no processo de aspersão térmica à chama convencional ou oxiacetilênica é utilizada uma chama oxi-combustível, onde o calor fornecido pela mistura dos gases proporciona a fundição do material de deposição. Das possíveis fontes de calor, o acetileno é o gás combustível mais utilizado pelo processo de aspersão à chama devido à alta temperatura da chama oxigênio-acetileno.

De acordo com Sanches (2018), no método de aspersão térmica utilizando o material de deposição em forma de pó, o consumível é normalmente introduzido na pistola em um recipiente que pode ser parte integrante da tocha ou ser acoplado a ela. Normalmente, o material de deposição é introduzido apenas com auxílio da gravidade, entrando assim em contato com chama, que é responsável pela fundição e juntamente com auxílio do ar comprimido, projeta partículas fundidas e aquecidas em direção ao substrato.



## 2.2 Aspersão por plasma transferido (*Atmospheric Plasma Spraying*)

A aspersão a plasma faz uso da tocha de plasma como a principal ferramenta para aquecimento e pulverização do revestimento por meio de um pó vindo a partir de arames, esse pó é acelerado em alta velocidade e passa por um bocal constritor junto a um gás que aumenta sua potência de temperatura e energia para chegar ao substrato (MARQUES, 2019).

Segundo os autores Faria *et al.* (2020), o processo de arco de plasma transferido (PTA) fornece ao processo de aspersão a plasma a capacidade de aquecimento e fusão superficial do substrato. Essa característica é uma combinação de soldagem e aspersão térmica. De acordo com Lima e Trevisan (2007), neste processo, um arco é estabelecido entre o eletrodo não consumível do maçarico de plasma e a própria peça de trabalho.

A matéria-prima, sob a forma de arame ou de pó, é introduzida no plasma externamente. Segundo Freitas (2015) o material é fundido e aspergido sobre o substrato, produzindo uma ligação metalúrgica semelhante ao processo de soldagem.

O PTA é um processo de alta energia, que utiliza gás inerte no processo de deposição. Normalmente utiliza argônio como gás de abastecimento de plasma, de transporte e barreira de proteção ao material depositado. Além disso, é um processo que realiza deposição de qualidade de diversas ligas, principalmente para proteção ao desgaste, corrosão e choque térmico (CARVALHO, 2007). Algumas ligas são feitas para reparo dimensional, enquanto outras são projetadas para ser uma sobreposição final para proteção da superfície do material.

## 2.3 Materiais utilizados na aspersão térmica

Existem diversos materiais que podem ser transformados em revestimentos de alta qualidade através do processo de aspersão térmica (BORCHATE; LERMEN, 2014). Segundo Silva e D'Oliveira (2015), quase todos os materiais que derretem e solidificam quando frios podem ser aplicados como revestimento por aspersão térmica. Os materiais de revestimento disponíveis para aspersão térmica incluem metais puros, ligas metálicas, cerâmicas, plásticos e compósitos. Eles são alimentados na forma de pó, fio ou haste, aquecidos a um estado fundido ou semifundido e acelerados em direção a substratos na forma de partículas de tamanho micrométrico (LIMA *et al.* 2013).

De acordo com Lacerda *et al.* (2021) o material de revestimento pode ser selecionado especificamente para cada substrato individual e o desempenho esperado em serviço e, portanto, uma combinação quase perfeita pode ser feita entre os dois.

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O fluxograma mostra a sequência de processo de cada amostra produzida e analisada.



**Figura 1 – Fluxograma da metodologia do trabalho**



**Fonte: autores do trabalho (2023)**

As amostras foram confeccionadas pela Empresa Comersul e de acordo com as informações enviadas, elas foram depositadas sobre uma chapa de aço SAE 1020 pelos processos de aspersão térmica Arco por Plasma Transferido (PTA) e Chama Pó (PFS). Foram depositados dois pós-metálicos pelo processo PTA e dois pós-metálicos pelo processo PFS. Após as deposições as amostras foram retificadas.

Os pós utilizados foram o Colmonoy 88 e Colmonoy 750, pelo processo PTA e o Colmonoy 62 e Colmonoy 69, pelo processo PFS. As composições químicas nominais de cada pó estão na Tabela 1.

**Tabela 1 – Composição química nominal das ligas depositadas**

Material	Composição Química (%)									
	C	Si	Cr	B	W	Mo	Co	Cu	Fe	Ni
Colmonoy 88	0,8	4,0	17,0	3,0	17,0	-	-	-	3,5	Bal.
Colmonoy 750	2,0	2,4	8,5	1,9	37,0	-	4,2	-	2,6	Bal.
Colmonoy 62	0,7	4,2	15,5	3,2	-	-	-	-	4,0	Bal.
Colmonoy 69	0,6	4,8	16,5	3,9	-	3,5	-	2,1	3,0	Bal.

**Fonte: Colmonoy (2023)**

Os ensaios de caracterização feitos após as deposições das ligas foram:

- Ensaios de dureza: as medidas de dureza foram feitas em durômetro tipo Rockwell, na escala C (dureza HRC ou Rockwell C), nas superfícies das amostras após retificadas, segundo a norma ASTM E18-22.

- Ensaios de desgaste: os ensaios de desgaste foram feitos num abrasômetro tipo Roda de borracha, segundo a norma ASTM G65-16 procedimento A.

- Análises Metalográficas: as amostras foram cortadas, embutidas, lixadas, polidas e atacadas quimicamente para análise microscópica e visual e registro fotográfico, segundo a norma ASTM E3-11.

- Ensaios de microdureza: as medidas de microdureza Vickers (HV) foram feitas em um durômetro digital com penetrador de pirâmide de base quadrada, segundo a norma ASTM E92-17.

Todos os ensaios foram feitos na Fatec Sertãozinho.



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos ensaios feitos nas amostras serão mostrados e discutidos a seguir.

### 4.1 Ensaio de Dureza

A Tabela 2 mostra os resultados dos ensaios de dureza superficial. Nota-se que a maior dureza ficou com a amostra da liga Colmonoy 750. Quando comparamos a composição química da liga em relação às demais há um maior percentual de carbono (C) e de elementos de liga formadores de carbonetos tais como Tungstênio (W), Cromo (Cr) e Cobalto (Co). A soma dos elementos na liga Colmonoy 750 chega a 51,9%, na Colmonoy 750 com 33,5%, na Colmonoy 62 tem 17,2% e a liga Colmonoy 69 soma-se 21,4%.

**Tabela 2 – Dureza superficial das ligas depositadas (média de 05 medidas)**

Material	Dureza Encontrada (HRc)	Desvio Padrão (HRc)	Dureza Nominal (HRc)
Colmonoy 88	62,5	0,82	59-64
Colmonoy 750	63,9	0,78	58-63
Colmonoy 62	51,8	0,65	56-63
Colmonoy 69	54,5	0,57	58-63

Fonte: autores do trabalho (2023)

As durezas das ligas Colmonoy 62 e Colmonoy 69 ficaram abaixo das especificadas pelos fabricantes.

### 4.2 Ensaio de Microdureza

Os resultados das microdurezas das amostras foram feitos após elas serem cortadas transversalmente e em cinco pontos diferentes ao longo do revestimento. A Tabela 3 apresenta os resultados e a média entre eles.

**Tabela 3 – Microdureza das ligas depositadas**

Material	Microdureza (HV <sub>9,8</sub> )					Média (HV)	D.P. (HV)	HRc*
Colmonoy 88	1096,4	1067,0	939,1	723,5	862,5	937,7	136,7	68,0
Colmonoy 750	853,0	745,5	792,4	635,3	658,4	738,7	81,4	62,0
Colmonoy 62	634,5	762,6	570,8	570,8	752,3	664,1	84,4	60,0
Colmonoy 69	704,3	635,9	869,3	690,8	703,6	720,7	78,4	61,0

Fonte: autores do trabalho (2023)

\* Valores convertidos pelo equipamento

A variação das microdurezas em cada amostra é devido a microestrutura heterogênea das ligas, entretanto quando se converte para HRc, as durezas ficam próximas as especificadas pelos fabricantes das ligas.



### 4.3 Ensaio de Desgaste

Os resultados do ensaio de abrasão em Roda de Borracha (ASTM G65, 2016) das amostras depositadas estão na Tabela 4. Foram feitos desgaste em 03 corpos de prova de cada amostra, a tabela apresenta a média entre eles.

**Tabela 4 – Perda de Massa das ligas depositadas (média de 03 ensaios)**

Material	Perda de Massa (mg)	Desvio Padrão (mg)
Colmonoy 88	134,0	9,6
Colmonoy 750	88,5	5,4
Colmonoy 62	133,7	4,8
Colmonoy 69	148,1	15,2

**Fonte: autores do trabalho (2023)**

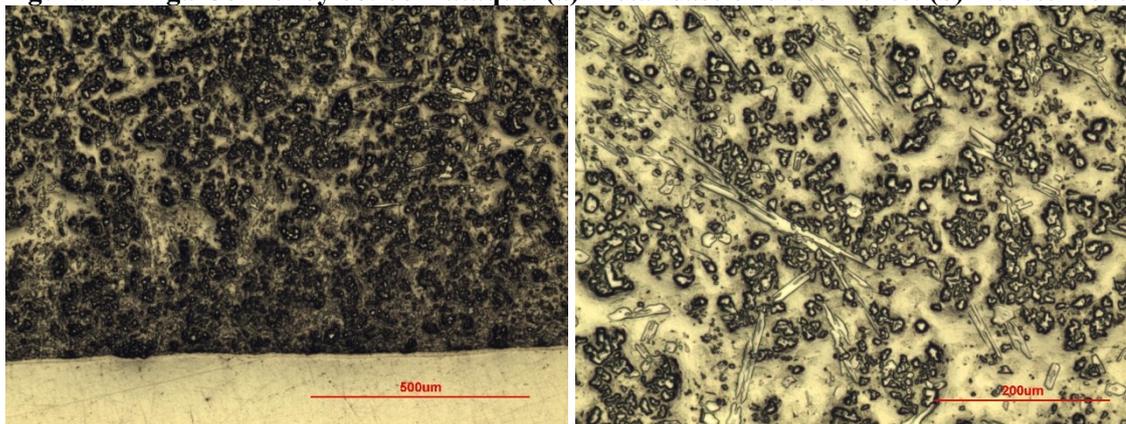
A liga colmonoy 750 teve o melhor desempenho no ensaio de desgaste abrasivo. As demais ficaram bem próximas. Esses resultados mostram uma relação entre a dureza e microestrutura dos revestimentos.

### 4.4 Ensaio de Metalografia

Os resultados das metalografias são apresentados nas figuras a seguir.

A Figura 2 (a) mostra a microestrutura da Liga Colmonoy 88 depositada sobre o aço SAE 1020 (região mais clara). Nota-se uma distribuição de carbonetos bastante homogênea. A Figura 2 (b) mostra com detalhes os carbonetos primários, provavelmente de Boro (B) e/ou Tungstênio (W), fases arredondadas com contornos escuros, e de Cromo (Cr), fases claras alongadas. A matriz, fase clara contínua, é constituída de Níquel metálico.

**Figura 2 – Liga Colmonoy 88. Sem ataque. (a) Metal base e revestimento. (b) Revestimento**



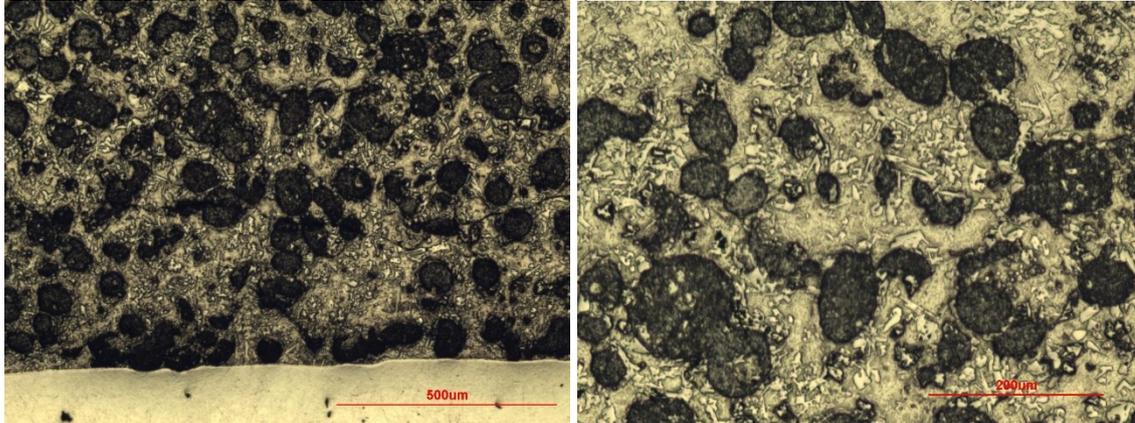
**Fonte: autores do trabalho (2023)**

A Figura 3 (a) mostra a microestrutura da Liga Colmonoy 750 depositada sobre o aço SAE 1020 (região mais clara). Nota-se uma distribuição de carbonetos maiores e mais escuros e carbonetos menores mais claros, também bastante homogênea. A Figura 3 (b) mostra com detalhes os carbonetos grandes escuros de Tungstênio (W), carbonetos primários claros com contornos escuros, provavelmente de Boro (B) e/ou de Cobalto (Co), e carbonetos primários



de Cromo (Cr), fases claras alongadas. A matriz, fase clara contínua, é constituída de Níquel metálico.

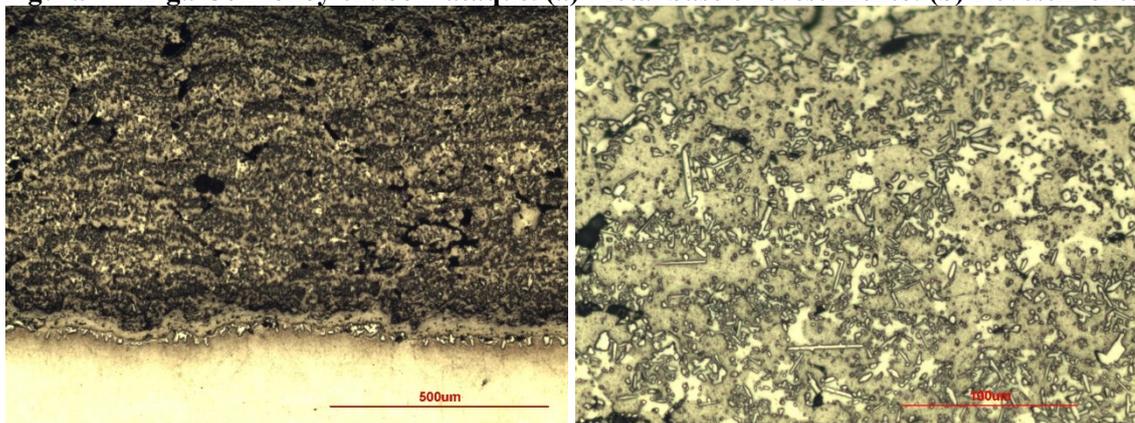
**Figura 3 – Liga Colmonoy 750. Sem ataque. (a) Metal base e revestimento. (b) Revestimento**



Fonte: autores do trabalho(2023)

A Figura 4 (a) mostra a microestrutura da Liga Colmonoy 62 depositada sobre o aço SAE 1020 (região mais clara). O revestimento apresenta-se como uma matriz contínua com porosidades ao longo das camadas depositadas. A Figura 4 (b) mostra carbonetos primários de Cromo (Cr) e/ou Boro (B), fases claras alongadas e arredondadas, distribuídos na matriz, fase clara contínua, constituída de Níquel metálico. As áreas escuras são poros causados pelo processo de aplicação.

**Figura 4 – Liga Colmonoy 62. Sem ataque. (a) Metal base e revestimento. (b) Revestimento**

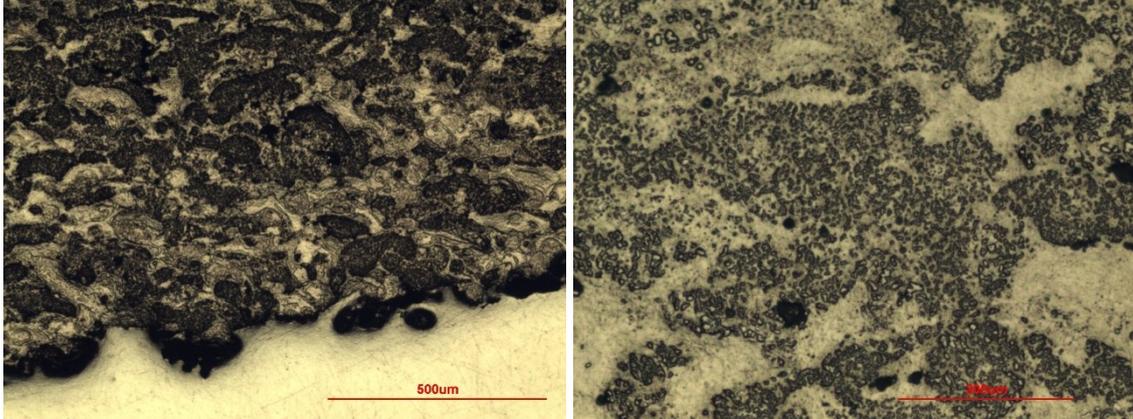


Fonte: autores do trabalho (2023)

A Figura 5 (a) mostra a microestrutura da Liga Colmonoy 69 depositada sobre o aço SAE 1020 (região mais clara). O revestimento apresenta-se com fases claras e escuras, além de porosidades ao longo das camadas depositadas, inclusive na interface com o metal base. A Figura 5 (b) mostra carbonetos primários de Cromo (Cr) e/ou Boro (B) e/ou Molibdênio (Mo), finamente distribuídos sobre a matriz, fase clara contínua, constituída de Níquel metálico. Os pontos mais escuros (pretos) são poros causados pelo processo de aplicação.



Figura 5 – Liga Colmonoy 69. Sem ataque. (a) Metal base e revestimento. (b) Revestimento



Fonte: autores do trabalho (2023)

## 5 CONCLUSÕES

Baseando-se nas referências e resultados obtidos, podemos concluir que:

- As ligas que possuem maior quantidade de elementos de liga formadores de carbonetos ficaram com a dureza maior, com atenção especial à Colmonoy 750 que também tem maior percentual de carbono;
- Os ensaios de microdureza mostraram que, apesar das diferentes fases encontradas e, também, em termos de distribuição de carbonetos e porosidade nas ligas, a média final possui características de durezas de revestimentos resistentes ao desgaste;
- A resistência ao desgaste das ligas ficou proporcional ao tipo de estrutura e durezas encontradas;
- As análises metalográficas mostraram que as ligas à base de Níquel, adicionadas com elementos formadores de carbonetos podem apresentar diferentes estruturas quando se modifica o processo de aspensão térmica.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E3-11**. Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens. ASTM International, USA, Dec. 2011. Disponível em: <https://www.astm.org/e0003-11r17.html>. Acesso em: 02 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. **ASTM E18-22**. Standard Guide for Test Methods for Rockwell Hardness of Metallic Materials. ASTM International, 2022. Disponível em: <https://www.astm.org/e0018-22.html>. Acesso em: 02 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. **ASTM E92-17**. Standard Test Methods for Vickers Hardness And Knoop Hardness of Metallic Materials. ASTM International, 2017. Disponível em: <https://www.astm.org/catalogsearch/result/?q=ASTM+E92-17>. Acesso em: 02 mar. 2023.

\_\_\_\_\_. **ASTM G65-16**, Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2016, Disponível em: <https://www.astm.org/catalogsearch/result/?q=ASTM+G65-16>. Acesso em: 02 mar. 2023.



BORCHATE, C., LERMEN, R. T., Desenvolvimento de um dispositivo para aspersão térmica por arco elétrico. **4ª Semana Internacional de Engenharia e Economia FAHOR**, 5 a 7 de Novembro de 2014 , Horizontina – RS.

CARVALHO, P. R., **Estudo do comportamento ao desgaste e corrosão dos aços inoxidáveis AISI 316L e AISI 420 depositados pelo processo de aspersão térmica a arco elétrico**. 2007. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

COLMONOY. **Technical Data Sheet**. Disponível em: <https://www.wallcolmonoy.com/products-capabilities/surfacing-alloys>. Acesso em 02 de março de 2023.

FARIA, F. G.; SCHWARC, M. A. O.; TAVARES, C. M.; OLIVEIRA, L. G.; PEREIRA, J. C., Análise comparativa da aspersão de carbeto de tungstênio em titânio pelos processos de hvof e plasma spray. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 37-44, jan./mar. 2020.

FREITAS, B. C., **Estudo das propriedades microestruturais de ligas de níquel-cromo e cobalto-cromo obtidas pelo processo de metalização a arco elétrico**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Tecnologia de Materiais do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ. Rio de Janeiro, Março de 2015.

MARQUES, P. V. **Aspersão térmica**. Disponível em: [https://infosolda.com.br/231-aspersao-termica/Downloads/Artigos/processos\\_solda/asperso-termica.pdf](https://infosolda.com.br/231-aspersao-termica/Downloads/Artigos/processos_solda/asperso-termica.pdf). Acesso em: 14 mar. 2023.

LACERDA, F. G. B.; BRAGA, A. V. C.; BRITO, T. C.; SENNA, L. F.; CARDOSO, B. R.; FURTADO, H. C., Avaliação de defeitos em revestimentos metálicos aspergidos termicamente por arco elétrico em substratos de geometrias distintas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.2, p. 18891-18904 feb 2021. ISSN: 2525-8761.

LIMA, C.C., TREVISAN, R.; **Aspersão Térmica Fundamentos e Aplicações**; 2. ed., São Paulo, Editora Artliber, 2007.

LIMA, C. R. C.; BETTE, B. V.; LIBARDI, R.; CAMARGO, F.; FERRARESI, V. A., Análise Do Desempenho De Revestimentos Duros Aplicados Por Diferentes Processos Sobre Aço Carbono. **68º Congresso ABM - Internacional**, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil. 3053- 3059. ISSN 1516-392X.

MACEDO, D. T.; GOUVÊA, C. A. R.; CRUVINEL, L. B.; NUCCI, R.; CASTELETTI, L.C., Avaliação De Revestimentos Produzidos Por Aspersão Térmica Em Substrato Da Liga De Alumínio 7075 – T3. **17º CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**, 15 a 19 de Novembro de 2006, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. 5995- 6006.



MARIANO, C.; PAREDES, R. S. C. Obtenção de revestimentos de nióbio depositados por aspersão térmica para proteção a corrosão marinha. INTERCORR 2010, Fortaleza-CE, 24 a 28 de maio de 2010.

OSSIMAR, M. **Aspersão térmica de ferro fundido branco multicomponente**. 188 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Mecânica. São Paulo, 2006

SANCHES, Rafaela G. **Estudo do desgaste abrasivo dos revestimentos de FeMnCrSiB aplicados por Aspersão Térmica Chama a Pó**. 2018. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Cornélio Procópio, 2018.

SILVA, L. J.; D'OLIVEIRA, A. S. C. M. Liga NiCrSiBC: Microestrutura e Dureza de Revestimentos Processados a Arco e a Laser. **Soldagem & Inspeção**. 2015; 20(1):39-47. Artigos Técnicos. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-9224/SI2001.05>.