

COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DO AÇO SAE 1020 NITRETADO E REVESTIDO COM DIAMOND-LIKE CARBON, EM DIFERENTES TOPOGRAFIAS

Francisco Alves Vicente, franciscoalvesvicente@gmail.com¹

Mileny Masieiro, mileny.masieiro@gmail.com¹

Tatiana Bendo, tatiana.bendo@labmat.ufsc.br¹

Bruno Borges Ramos, brun0415@gmail.com¹

Cristiano Binder, cristiano.binder@labmat.ufsc.br¹

¹Laboratório de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Resumo: Nos últimos anos, há uma crescente demanda no desenvolvimento de tecnologias de filmes finos em diversos setores da indústria. A modificação das propriedades da superfície do componente por meio de revestimentos pode viabilizar a utilização de matrizes de menor custo, além de proporcionar o aumento da vida útil e a eficiência energética de componentes de ligas mais nobres. Dentre os filmes finos, filmes de Diamond-like carbon (DLC) são revestimentos à base de carbono amplamente utilizados para melhorar as propriedades da superfície de metais em componentes como pistões, válvulas, bombas, engrenagens, entre outros. Os filmes de DLC são frequentemente aplicados e desenvolvidos com vista ao aumento da resistência ao desgaste e à redução de atrito em contatos tribológicos, além de aumentar a resistência à corrosão das matrizes metálicas. Características como o tipo de matriz e do filme, a utilização de intercâmbios e a topografia do material no qual o DLC é depositado exercem grande influência na resposta tribológica do sistema, sendo este objeto de grande interesse para aplicação do DLC em componentes específicos. Desse modo, este trabalho estuda a aplicação do processo a plasma de nitretação e deposição de filmes de DLC em aço SAE 1020 com diferentes topografias, a avaliação do comportamento tribológico e as características estruturais dos diferentes filmes. Para a realização do estudo, amostras de aço receberam dois tipos de acabamento: um acabamento “fino”, obtido por meio de lixamento em lixa #600, e um acabamento “áspero”, obtido por meio de jateamento. Após limpeza, as amostras foram nitretadas a plasma, seguido do processo de deposição do filme de DLC. A avaliação da microestrutura dos filmes foi realizada usando microscopia eletrônica de varredura (MEV). A avaliação da estrutura dos filmes de DLC, foi realizada por meio de espectroscopia Raman. As topografias das amostras foram avaliadas antes e após o tratamento a plasma, por meio de interferometria óptica de luz branca. As propriedades tribológicas dos filmes foram avaliadas por meio de testes de durabilidade com configuração de esfera sobre plano, em atmosfera ambiente. Através das análises de espectroscopia Raman, foi constatado que os filmes depositados em topografias diferentes não apresentaram diferenças estruturais entre si. Nos ensaios tribológicos, as amostras com acabamento “fino” apresentaram menor coeficiente de atrito e maior durabilidade que as amostras com acabamento “áspero”, indicando grande influência da topografia na resposta tribológica do sistema.

Palavras-chave: diamond-like carbon, tribologia, filmes finos, plasma, topografia

1. INTRODUÇÃO

Os filmes de DLC (Diamond-like carbon) são revestimentos à base de carbono amplamente utilizados para melhorar as propriedades da superfície de metais por conta de propriedades como alta dureza, baixo coeficiente de atrito, inércia química, baixa condutividade elétrica e bio e hemocompatibilidade (Robertson, 2002; Hauert, 2004; Liu e Kwek, 2008). Em virtude de suas propriedades mecânicas, grande atenção é dada ao desenvolvimento e aplicação do DLC com vista ao aumento de resistência ao desgaste e à redução de atrito em contatos tribológicos (Martin, 2011).

Em virtude da elevada dureza dos filmes, é comum a realização de pré-tratamentos ao depositar-se DLC em substratos macios, a fim de garantir um gradiente de propriedades entre o filme e o material de base. A nitretação a plasma é um tratamento comumente utilizado para garantir esse suporte mecânico em aços, visto que aumenta a dureza da superfície produzindo pouca variação dimensional dos componentes, além de poder ser realizada no mesmo ciclo de tratamento do revestimento (Podgornik e Vizintin, 2001; Hauert, 2004; Tanaka, Suzuki e Ohana, 2004; Chicot *et al.*, 2011; Dalibon *et al.*, 2014). Além do aumento da dureza, muitas vezes utilizam-se dopantes como o silício na deposição do filme, a fim de aumentar a adesão química com o substrato (Bonetti *et al.*, 2006; Azzi *et al.*, 2010; Cemin *et al.*, 2015).

A topografia do substrato pode afetar as propriedades tribológicas de componentes revestidos por DLC, e diversos estudos estudam essa influência. Em geral, o aumento da rugosidade acarreta o aumento do coeficiente de atrito e do desgaste nos contatos tribológicos (Jiang e Arnell, 2000; Svahn, Kassman-Rudolphi e Wallén, 2003; Holmberg *et al.*, 2021). O efeito da rugosidade, no entanto, pode variar, e o aumento da rugosidade pode também ter efeito na melhora da adesão ao substrato devido ao ancoramento mecânico do filme (Masuke, Kudo e Suzuki, 2013). Dessa maneira, é de grande interesse o estudo das propriedades tribológicas do DLC depositado em diferentes acabamentos.

A fim de compreender a influência da topografia do substrato no comportamento tribológico de aço de baixo carbono nitretado e deposição de filme de DLC, foram analisadas a evolução topográfica causada pelos tratamentos e as características estruturais dos filmes depositados. Para avaliar o desempenho tribológico do material revestido, foram realizados testes de durabilidade contra corpo metálico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparação das superfícies

Para a realização do estudo, foram utilizadas amostras cilíndricas de aço SAE 1020, de 15 mm de espessura e 28 mm de diâmetro, que foram preparadas em dois acabamentos diferentes, definidos como “fino” e “áspero”. Para a preparação do acabamento fino, as amostras foram lixadas em politriz manual a 600 rpm com lixas de SiC de granulometrias #120, #220, #320, #420 e #600, progressivamente. No último lixamento (#600) a amostra foi movimentada circularmente na lixa, de modo a obter-se riscos em direções aleatórias. Para a preparação do acabamento áspero, utilizou-se o processo de jateamento de areia. Após a preparação, os corpos de prova foram imersos em álcool etílico e limpos por ultrassom. As amostras pré-tratamento de acabamento fino foram denominadas “L-1020”, enquanto as de acabamento áspero “J-1020”.

2.2. Tratamento a plasma

Após a limpeza, as amostras passaram por um processo de nitretação seguido da deposição de filme de DLC, por meio de deposição química a vapor assistida por plasma (PECVD), utilizando uma fonte MKS RPG-100 10 kW para obtenção do plasma. A etapa de nitretação foi executada a 520°C, em uma atmosfera composta por uma mistura de 90% de nitrogênio (N₂), 9% de hidrogênio (H₂) e 1% de metano (CH₄) a 400 Pa de pressão. Para garantir a adesão do filme de DLC ao substrato metálico, utilizou-se gradualmente hexametildisiloxano ((CH₃)₃SiOSi(CH₃)₃), em quantidade máxima de 3%, para depositar uma intercamada rica em silício, em mistura com 20% de H₂ e quantidades crescentes de CH₄ e decrescentes de argônio. Por fim, a deposição do DLC ocorreu em atmosfera contendo 20% de H₂ e 80% de CH₄. As deposições da intercamada e a do filme de DLC foram realizadas por 30 e 25 minutos, respectivamente, ambas a 260°C e a 200 Pa de pressão. As amostras apenas nitretadas foram denominadas “L-Nit” e “J-Nit”, enquanto as amostras nitretadas e revestidas com DLC foram denominadas “L-DLC” e “J-DLC”.

2.3. Caracterização das amostras

2.3.1. Estrutura dos filmes

A estrutura química dos filmes de DLC foi caracterizada por meio de Espectroscopia RAMAN. Para as análises, utilizou-se um equipamento fabricado pela Renishaw de modelo 2000, com sistema de laser de Argônio com comprimento de onda de 514,5 nm. Foram preparadas também secções transversais das amostras tratadas, a fim de avaliar-se a espessura dos filmes. Para a análise, usou-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV) modelo Tescan Vega3.

2.3.2. Avaliação das superfícies

As superfícies das amostras revestidas também foram analisadas por MEV, utilizando-se o detector de elétrons secundários (SE) e o detector de elétrons retroespalhados (BSE). Para avaliação das topografias antes e após os tratamentos, utilizou-se a técnica de interferometria óptica. As análises foram realizadas através de um interferômetro de luz branca Zygo NewView 7300 Optical Surface Profiler. O tratamento dos dados foi feito no software de análise de topografia, MountainsMap 7, onde foi utilizada uma ferramenta de nivelamento para remover a angulação da amostra, e aplicou-se um filtro Gaussiano com valor de cut-off de 80 µm, de acordo com a norma ISO 16610-61:2015, para a remoção da ondulação. Desse modo, foi possível obter a rugosidade das amostras e calculados os parâmetros topográficos Sq, que representa o desvio padrão da rugosidade média das amostras, e Sdq, que representa a média quadrada das inclinações da rugosidade descrevendo as topografias como mais ou menos pontiagudas.

2.3.3. Comportamento tribológico

O comportamento tribológico das amostras foi avaliado em ensaios de durabilidade com configuração de esfera sobre plano em um tribômetro CETR UMT-2. Os testes aconteceram em atmosfera ambiente, a 25 °C de temperatura e 40% de umidade relativa, utilizando-se como contra-corpo uma esfera de aço SAE 52100 de 3 mm de diâmetro. O ensaio de

durabilidade foi realizado nas condições de amplitude de 10 mm, à frequência de 2 Hz, sob incrementos de 7 N em intervalos de 10 minutos, após a aplicação de uma carga inicial de 7 N. Durante o ensaio, também foi medida a resistência elétrica entre a amostra e o contra-corpo. A durabilidade foi definida como a energia necessária para que o coeficiente de atrito (COF) exceda o regime de lubricidade (COF = 0,2), de acordo com a metodologia proposta por DE MELLO e BINDER (2006).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Avaliação dos filmes

Na Fig. 1, é possível observar a microestrutura da seção transversal de uma das amostras tratadas, onde são destacados o filme de DLC (primeira camada) e a camada composta (segunda camada), formada pelos nitretos ϵ -Fe₂₋₃N e γ' -Fe₄N proveniente da nitretação. Não foi observada diferença significativa entre as espessuras dos filmes, que apresentaram média de $1,58 \pm 0,17 \mu\text{m}$, ou entre camadas nitretadas, que apresentaram média de $7,51 \pm 1,57 \mu\text{m}$.

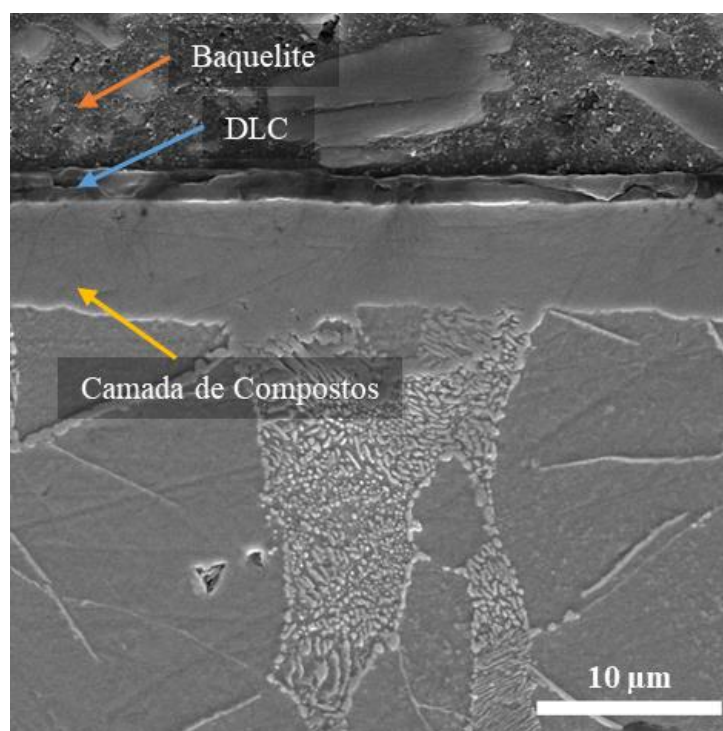


Figura 1. Micrografia da seção transversal de uma amostra após tratamentos (nitretação + DLC), obtida por MEV.

A Fig. 2 exibe os espectros Raman obtidos nas análises dos filmes depositados nos acabamentos áspero (J-DLC) e fino (L-DLC). Após deconvolução dos espectros utilizando função de ajuste gaussiano, foi possível identificar a presença da banda D, localizada em torno de 1380 cm^{-1} , e da banda G, localizada em torno de 1575 cm^{-1} . Por meio da deconvolução dos espectros, foram comparadas as posições (*Pos. D* e *Pos. G*) e a relação entre as intensidades dos dois picos (I_D/I_G), que são relacionados à proporção entre as ligações sp^2 e sp^3 dos filmes de carbono, assim como a hidrogenação dos filmes, relacionada ao background de fotoluminescência nos espectros (Casiraghi *et al.*, 2005). Esses dados estão dispostos na Tab. 1, onde não é observada diferença significativa na estrutura dos filmes depositados nas diferentes topografias, assim como constatado por Soprano *et al.* (2018).

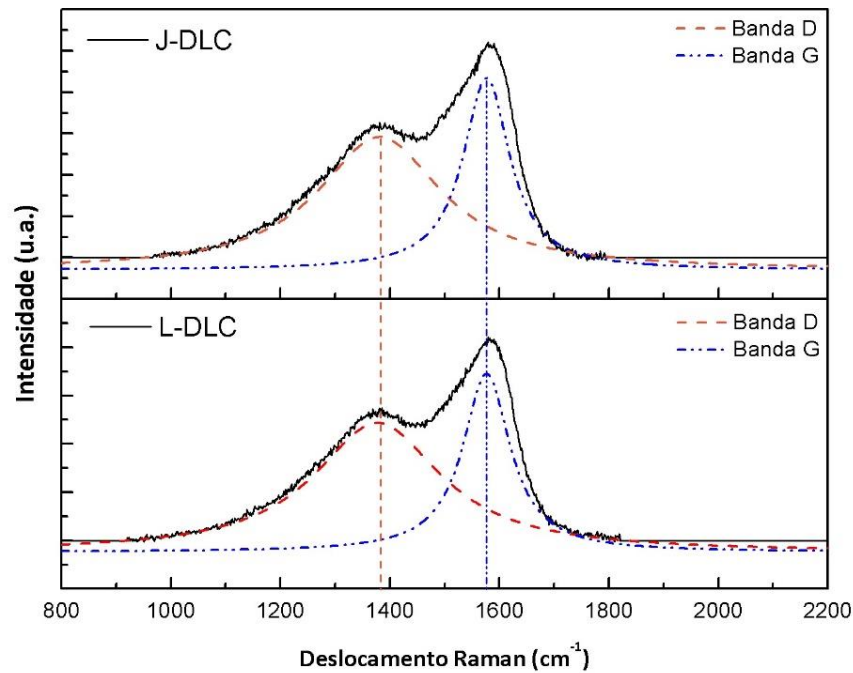


Figura 2. Espectros Raman dos filmes DLC depositados nas diferentes topografias, J-DLC e L-DLC.

Tabela 1. Parâmetros obtidos com a deconvolução dos espectros Raman.

Amostras	Pos. D (cm ⁻¹)	Pos. G (cm ⁻¹)	ID/IG	H (%)
J-DLC	1378,7 ± 2,7	1576,9 ± 1,2	0,70 ± 0,02	35,21 ± 1,67
L-DLC	1382,9 ± 1,6	1574,7 ± 1,5	0,71 ± 0,02	37,43 ± 1,02

A Figura 3 apresenta as micrografias obtidas por MEV da superfície das amostras L-DLC e J-DLC. É possível evidenciar as diferenças na morfologia dos filmes depositados. Nas imagens obtidas por SE, é possível observar uma superfície mais uniforme e homogênea em L-DLC (Fig. 3(a)), enquanto o filme depositado em J-DLC (Fig.3(b)) apresenta modificações significativas na morfologia da superfície e heterogeneidades. Nas imagens de BSE para a amostra J-DLC (Fig.3(d)) é possível observar a presença de defeitos ou falhas no filme depositado, evidenciados pelas regiões claras na imagem. Por outro lado, a imagem BSE da amostra L-DLC (Fig.3(c)) é homogênea, sem defeitos de deposição.

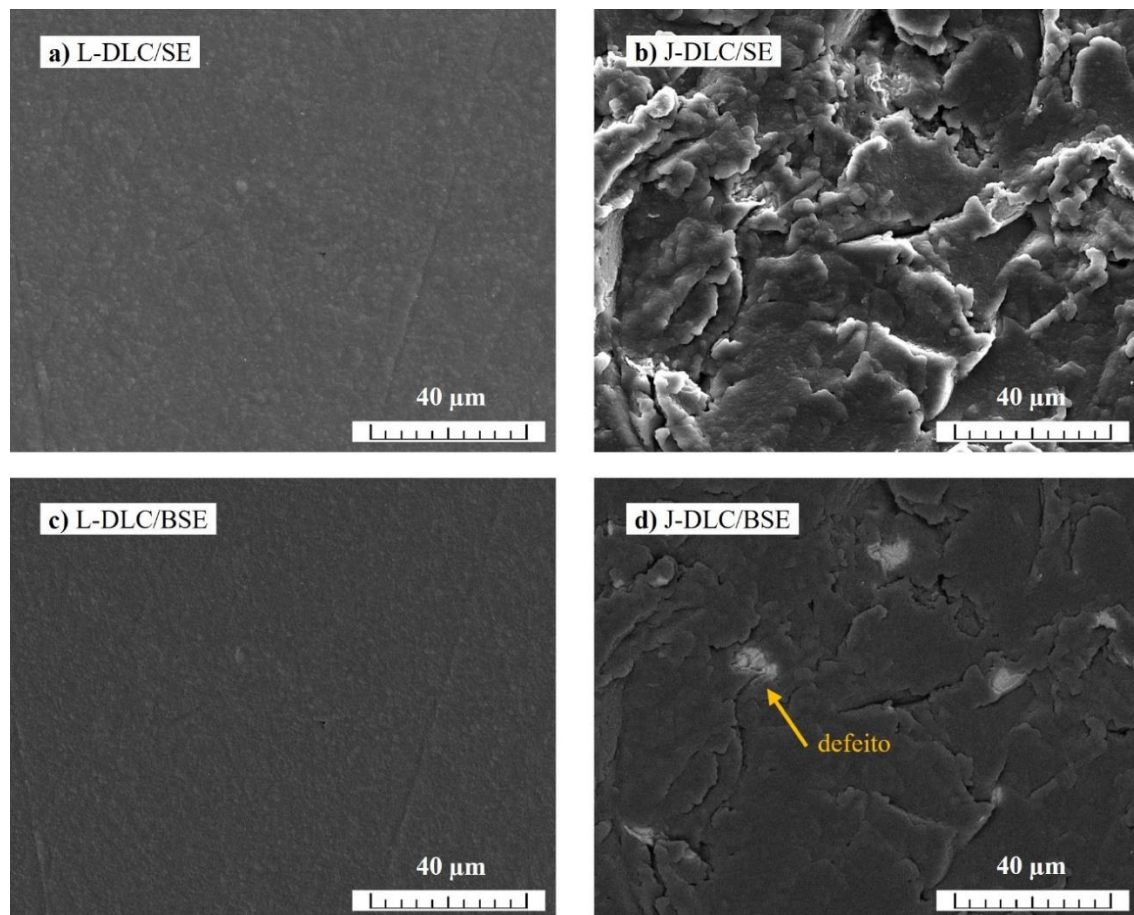


Figura 3. Micrografias obtidas por MEV das superfícies dos filmes de DLC depositados, Obtidas com elétrons secundários (SE) a) L-DLC, b) J-DLC, obtidas com elétrons retroespalhados (BSE) c) L-DLC, d) J-DLC..

As diferenças das superfícies das amostras lixadas e jateadas antes e após o tratamento a plasma também são evidenciadas nos mapas topográficos obtidos por interferometria óptica de luz branca, dispostos na Fig. 4. É possível observar que as amostras L-1020 e L-DLC apresentam valores de S_q e S_{dq} significativamente menores que J-1020 e J-DLC, evidenciando a menor rugosidade das superfícies lixadas antes e após o tratamento.

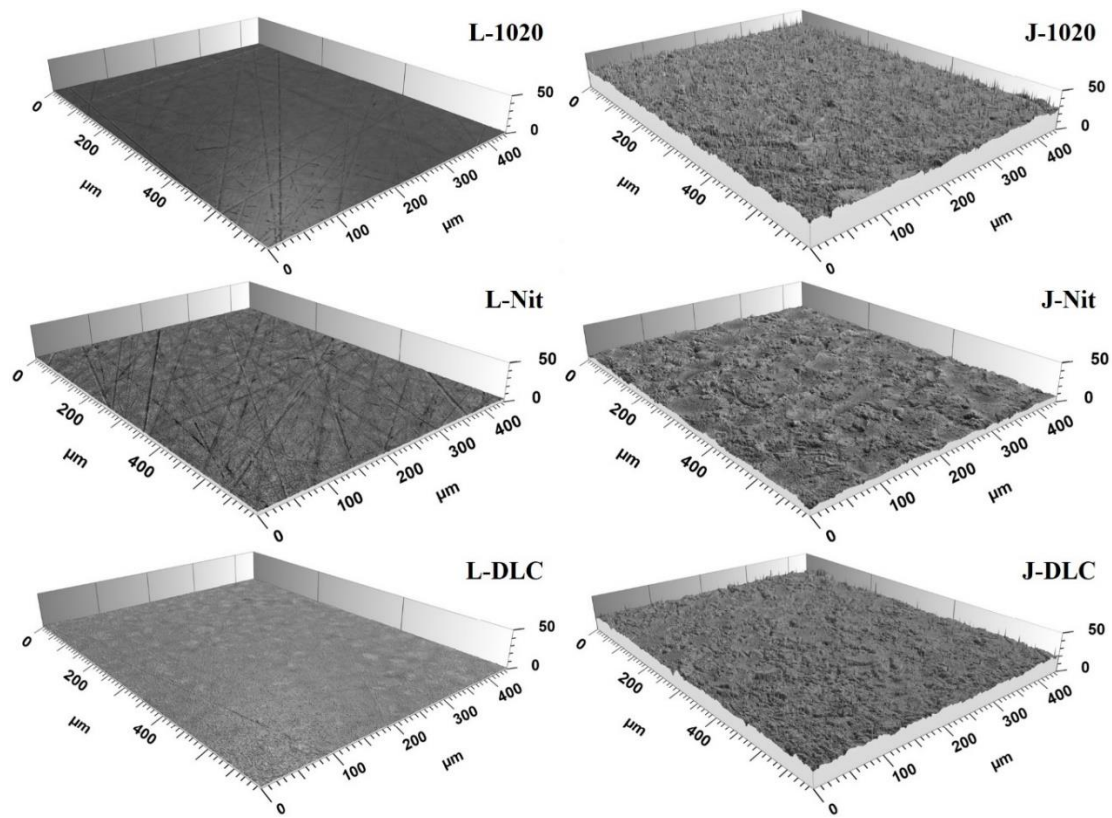


Figura 4. Representação gráfica das topografias, obtidas por interferometria óptica.

Ao comparar L-1020 e L-Nit, é possível observar o aumento nos valores de S_q , de $0,09 \mu\text{m}$ para $0,28 \mu\text{m}$ e no Sdq , de $0,18 \mu\text{m}/\mu\text{m}$ para $0,57 \mu\text{m}/\mu\text{m}$. O efeito é decorrente do bombardeamento de partículas que ocorre na nitretação, que gera uma superfície mais rugosa em topografias suaves (Maliska *et al.*, 2003; Pye, 2003; Shioga *et al.*, 2016). O processo também pode atenuar superfícies de maior rugosidade, como aconteceu nas amostras jateadas: houve uma diminuição no valor de S_q , de $1,58 \mu\text{m}$ em J-1020 para $1,25 \mu\text{m}$ em J-Nit, assim como do Sdq , de $1,29 \mu\text{m}/\mu\text{m}$ para $0,92 \mu\text{m}/\mu\text{m}$. É possível observar também que as amostras revestidas por DLC apresentam valores similares aos das amostras nitretadas, visto que o filme copia a topografia da superfície na qual é depositado, havendo leves variações devido ao preenchimento de vales e ao recobrimento de picos (Soprano *et al.*, 2018). Os valores dos parâmetros topográficos calculados estão detalhados na Tab. 2.

Tabela 2. Parâmetros topográficos obtidos por interferometria óptica.

Parâmetro	L-1020	L-Nit	L-DLC	J-1020	J-Nit	J-DLC
$S_q (\mu\text{m})$	$0,087 \pm 0,015$	$0,282 \pm 0,013$	$0,222 \pm 0,014$	$1,580 \pm 0,096$	$1,255 \pm 0,039$	$1,484 \pm 0,084$
$Sdq (\mu\text{m}/\mu\text{m})$	$0,180 \pm 0,041$	$0,572 \pm 0,007$	$0,528 \pm 0,056$	$1,292 \pm 0,121$	$0,916 \pm 0,007$	$0,981 \pm 0,043$

3.2. Comportamento tribológico

A Fig. 5 exibe os resultados obtidos nos ensaios de durabilidade, e demonstram a evolução do coeficiente de atrito e da resistência elétrica entre o corpo de prova e as amostras revestidas. Nos ensaios realizados em L-DLC, o coeficiente de atrito apresentou um período inicial de instabilidade ao serem aplicadas as cargas iniciais. Após a aplicação das cargas posteriores, o COF foi estabilizado, as amostras mantiveram regime de lubricidade ($\text{COF} < 0,2$), atribuído à formação de uma tribocamada grafítica entre o filme de DLC e o contra-corpo. Durante esse período, a resistência elétrica entre a amostra e o contra-corpo manteve-se elevada. O desgaste progressivo do filme é expresso pela diminuição gradual da resistência no decorrer do teste. Após a diminuição da resistência, há o aumento brusco do coeficiente de atrito, indicando o desgaste total do filme, quando o sistema sai do regime de lubricidade. A média observada dos coeficientes de atrito em regime de lubricidade das amostras foi de $0,15 \pm 0,01$, e a durabilidade dos filmes foi calculada em $62 \times 10^3 \pm 22 \times 10^3 \text{ N.m}$.

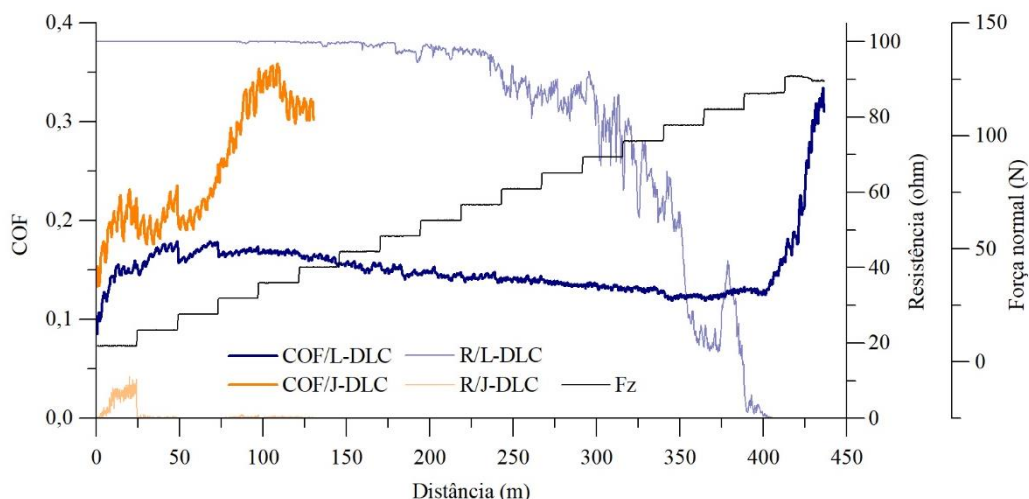


Figura 5. Coeficientes de atrito e resistências entre contra-corpo e amostras obtidos nos ensaios de durabilidade.

As amostras J-DLC não apresentaram o mesmo comportamento. Logo após a aplicação da pré-carga, foi observada diminuição brusca da resistência elétrica, indicando contato entre o contra-corpo e o substrato metálico no início do teste. Diferente dos ensaios em L-DLC, não houve estabilização do coeficiente de atrito, evidenciando que não houve formação de tribocamada. Esse comportamento pode ser atribuído à presença de defeitos nos filmes e à elevada rugosidade das superfícies.

4. CONCLUSÕES

Com a análise dos resultados obtidos no estudo, é possível concluir que:

1. A topografia inicial do substrato não influencia a estrutura química dos filmes de DLC depositados, porém pode alterar a morfologia e a quantidade de defeitos dos revestimentos;
2. O processo de nitretação e deposição dos filmes ocasiona o aumento da rugosidade nas amostras de acabamento lixado, de S_q 0,09 μm para 0,22 μm , e uma leve atenuação na rugosidade nas amostras jateadas, de S_q 1,58 μm para 1,48 μm ;
3. Os filmes depositados em substrato de menor rugosidade apresentam excelente comportamento tribológico, com coeficiente de atrito contra corpo metálico em torno de 0,15 e durabilidade de 62×10^3 N.m;
4. O processo de nitretação e deposição de DLC em substrato jateado gera um filme com defeitos e de morfologia irregular, que não atinge patamares de lubrificidade quando ensaiado tribologicamente.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer o apoio financeiro do Programa de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – PRH-ANP, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES.

6. REFERÊNCIAS

- Azzi, M., Amirault, P., Paquette, M., Klemberg-Sapieha, J. E., Martinu, L., 2010. “Corrosion performance and mechanical stability of 316L/DLC coating system: Role of interlayers”. In *Surface and Coatings Technology*, v. 204, n. 24, p. 3986–3994, 15 set. 2010.
- Bonetti, L. F., Capote, G., Santos, L. V., Corat, E. J., Trava-Airoldi, V. J., 2006. “Adhesion studies of diamond-like carbon films deposited on Ti6Al4V substrate with a silicon interlayer”. In *Thin Solid Films*, v. 515, n. 1, p. 375–379, 25 set. 2006.
- Casiraghi, C., Piazza, F., Ferrari, A. C., Grambole, D., & Robertson, J., 2005. “Bonding in hydrogenated diamond-like carbon by Raman spectroscopy”. In *Diamond and Related Materials*, v. 14, n. 3–7, p. 1098–1102, 1 mar. 2005.
- Cemin, F., Bim, L. T., Menezes, C. M., da Costa, M. M., Baumvol, I. J. R., Alvarez, F., Figueroa, C. A., 2015. “The influence of different silicon adhesion interlayers on the tribological behavior of DLC thin films deposited on steel by EC-PECVD”. In *Surface and Coatings Technology*, v. 283, p. 115–121, 15 dez. 2015.

- Chicot, D., Puchi-Cabrera, E. S., Decoopman, X., Roudet, F., Lesage, J., Staia, M. H., 2011. "Diamond-like carbon film deposited on nitrided 316L stainless steel substrate: A hardness depth-profile modeling". In *Diamond and Related Materials*, v. 20, n. 10, p. 1344–1352, 1 nov. 2011.
- Dalibon, E. L., Trava-Airoldi, V., Pereira, L. A., Cabo, A., Brühl, S. P., 2014. "Wear resistance of nitrided and DLC coated PH stainless steel". In *Surface and Coatings Technology*, v. 255, p. 22–27, 25 set. 2014.
- De Mello, J. D. B.; Binder, R., 2006. "A methodology to determine surface durability in multifunctional coatings applied to soft substrates". In *Tribology International*, v. 39, n. 8, p. 769–773.
- Hauert, R., 2004. "An overview on the tribological behavior of diamond-like carbon in technical and medical applications". In *Tribology International*, v. 37, n. 11–12, p. 991–1003.
- Holmberg K., Laukkanen A., Hakala T., Ronkainen H., Suhonen T., Wolski M., Podsiadlo P., Woloszynski T., Stachowiak G., Gachot C., Li L., 2021. "Topography orientation effects on friction and wear in sliding DLC and steel contacts, part 3: Experiments under dry and lubricated conditions". In *Wear*, v. 486–487, p. 204.
- Jiang, J.; Arnell, R. D., 2000. The effect of substrate surface roughness on the wear of DLC coatings. *Wear*, v. 239, n. 1, p. 1–9.
- Liu, E.; Kwek, H. W., 2008. "Electrochemical performance of diamond-like carbon thin films". In *Thin Solid Films*, v. 516, n. 16, p. 5201–5205.
- Maliska, A. M., Pavanati, H. C., Klein, A. N., Muzart, J. L. R., 2003. "The influence of ion energy bombardment on the surface porosity of plasma sintered iron". In *Materials Science and Engineering: A*, v. 352, n. 1–2, p. 273–278.
- Martin, P. M., 2011. *Introduction to Surface Engineering and Functionally Engineered Materials*. John Wiley&Sons, New York.
- Masuko, M.; Kudo, T.; Suzuki, A., 2013. "Effect of surface roughening of substrate steel on the improvement of delamination strength and tribological behavior of hydrogenated amorphous carbon coating under lubricated conditions". In *Tribology Letters*, v. 51, n. 2, p. 181–190.
- Podgornik, B.; Vižintin, J., 2001. "Influence of substrate treatment on the tribological properties of DLC coatings". In *Diamond and Related Materials*, v. 10, n. 12, p. 2232–2237.
- Pye, D., 2003. *Practical Nitriding and Ferritic Nitrocarburizing*. 1. ed. Russell: ASTM International, v. 1.
- Robertson, J., 2002. "Diamond-like amorphous carbon". In *Materials Science and Engineering: R: Reports*, v. 37, n. 4–6, p. 129–281.
- Shioga, P. H. T., Binder, C., Hammes, G., Klein, A. N., Mello, J. D. B. D., 2016. "Effects of Different Plasma Nitrided Layers on the Tribological Performance of DLC Coatings". In *Materials Research*, v. 19, n. 5, p. 1180–1188.
- Soprano, P. B., Salvaro, D. B., Giacomelli, R. O., Binder, C., Klein, A. N., de Mello, J. D. B., 2018. "Effect of soft substrate topography on tribological behavior of multifunctional DLC coatings". In *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, v. 40, n. 8, p. 1–10.
- Svahn, F.; Kassman-Rudolphi, Å.; Wallén, E., 2003. "The influence of surface roughness on friction and wear of machine element coatings". In *Wear*, v. 254, n. 11, p. 1092–1098.
- Tanaka, A.; Suzuki, M.; Ohana, T., 2004. "Friction and Wear of Various DLC Films in Water and Air Environments". In *Tribology Letters* 2004 17:4, v. 17, n. 4, p. 917–924.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

TRIBOLOGICAL RESPONSE OF NITRIDED AND DIAMOND-LIKE CARBON COATED LOW CARBON STEEL WITH DIFFERENT TOPOGRAPHIES

Francisco Alves Vicente, franciscoalvesvicente@gmail.com¹

Mileny Masieiro, mileny.masieiro@gmail.com¹

Tatiana Bendo, tatiana.bendo@labmat.ufsc.br¹

Bruno Borges Ramos, brun0415@gmail.com¹

Cristiano Binder, cristiano.binder@labmat.ufsc.br¹

¹Materials Laboratory, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brazil

Abstract. *In recent years, there is an increasing demand in the development of thin films technology in many different sectors of the industry. Altering the surface properties of components by using coatings can make possible the use of lower cost base materials, in addition to increasing the service life and the energy efficiency of components made of noble materials. Among the thin film technologies, the Diamond-like carbon (DLC) are carbon-based coatings widely used to improve the surface properties of metallic components, such as pistons, valves, pumps, engines, among others. The DLC coatings are often applied and developed aiming higher resistance to wear and lower friction in tribological systems, while also improving the corrosion resistance of metallic materials. Specifications such as base and film materials, the use of interlayers and the topography of the coated material wield great influence in the tribological response of the system, being this an object of great interest in the application of DLC films in specific components. Therefore, this work studies the application of a plasma nitriding and DLC deposition treatment in SAE 1020 steel with different surface finishes, the evaluation of its tribological properties and the structural characterization of these films. In the study, the surface of steel samples were prepared in two different finishes: a “smooth” finishing, obtained to the grinding of samples with #600 SiC sandpaper, and a “coarse” finishing, obtained through sandblasting. After cleaning, the samples went through the two-step plasma treatment, which consisted of nitriding and DLC deposition. The microstructure of the films was evaluated with scanning electron microscopy (SEM), and the chemical structure of the DLC films was evaluated through Raman spectroscopy. The topography evolution of the samples was investigated through white light interferometry, before and after the treatments. The tribological response of the films was evaluated through durability tests with ball-on-disk configuration, in ambient atmosphere. Through the Raman results, it was observed that the films deposited in different topographies didn't show structural differences. In the tribological tests, the “smooth” finishing samples showed lower friction coefficients and higher durability than the “coarse” samples, indicating a great influence of the topography in the tribological response of the system.*

Keywords: *diamond-like carbon, tribology, thin films, plasma, topography*