


Análise da resistência à corrosão do AISI 316L eletropolido e anodizado

Rai Inácio Riffel¹ Sandra Raquel Kunst¹ Carlos Henrique Amaro da Silva¹ Vanessa Moura² Cláudia Trindade Oliveira^{2*} 

Resumo

O aço inoxidável 316L apresenta resistência mecânica e de corrosão o que o torna atrativo para uso em aplicações industriais. Nesse contexto, tratamentos superficiais como o eletropolimento e a anodização podem aprimorar ainda mais suas propriedades. Este estudo tem como objetivo comparar a resistência à corrosão do aço inoxidável AISI 316L submetido ao eletropolimento e à anodização, com foco na melhoria do desempenho superficial. O eletropolimento foi realizado em solução de 40% v/v H₂SO₄ a 60 °C, com aplicação de potencial entre 8 a 10 V. Já a anodização foi conduzida em solução de 10 M NaOH, em modo galvanostático, com densidade de corrente de 0,6 mA·cm⁻², a 70 °C e sob agitação constante por 5 minutos. As amostras foram analisadas quanto à morfologia, ângulo de contato e polarização potenciodinâmica. Os resultados indicaram que o eletropolimento produziu uma superfície mais homogênea e livre de defeitos, conferindo ao aço inoxidável AISI 316L maior hidrofobicidade e melhor desempenho anticorrosivo em comparação às amostras sem tratamento e anodizadas.

Palavras-chave: AISI 316L; Eletropolimento; Anodização; Corrosão.

Corrosion resistance analysis of electropolished and anodized AISI 316L

Abstract

AISI 316L stainless steel exhibits mechanical strength and corrosion resistance, making it attractive for industrial applications. In this context, surface treatments such as electropolishing and anodization can further enhance its properties. This study aims to compare the corrosion resistance of AISI 316L stainless steel subjected to electropolishing and anodization, focusing on improving surface performance. Electropolishing was carried out in a 40% v/v H₂SO₄ solution at 60 °C, with an applied potential between 8 and 10 V. Anodization was conducted in a 10 M NaOH solution in galvanostatic mode, with a current density of 0.6 mA·cm⁻² at 70 °C under constant stirring for 5 minutes. The samples were analyzed for morphology, contact angle, and potentiodynamic polarization. The results indicated that electropolishing produced a more homogeneous and defect-free surface, giving AISI 316L stainless steel greater hydrophobicity and better anti-corrosion performance compared to untreated and anodized samples.

Keywords: AISI 316L; Electropolishing; Anodizing; Corrosion.

1 Introdução

O aço inoxidável AISI 316L é amplamente utilizado na fabricação de dispositivos industriais [1], médicos e odontológicos [2,3], em razão de sua elevada resistência mecânica, biocompatibilidade, resistência à corrosão, e baixo custo [4]. No entanto, aplicações que envolvem exposição prolongada a fluidos, como os fisiológicos, podem induzir processos corrosivos, levando à liberação de íons metálicos

como cromo, ferro e níquel, o que compromete tanto o desempenho mecânico quanto a segurança biológica dos implantes [5].

Nesse contexto, a aplicação da Engenharia de Superfícies surge como uma área estratégica voltada ao desenvolvimento de tratamentos capazes de modificar as propriedades das superfícies metálicas, visando aprimorar

¹Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, Brasil.

²Instituto de Ciências Criativas e Tecnológicas - ICCT, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, Brasil.

*Autor correspondente: cto@feevale.br

E-mails: rairiffel25@gmail.com; tessaro.sandra@gmail.com; henrique.amaro@live.co.uk; VanessaSouza@feevale.br



seu desempenho em ambientes agressivos [1,6]. Entre os principais tratamentos utilizados no aço inoxidável AISI 316L destacam-se o eletropolimento e a anodização, ambos baseados nos princípios eletroquímicos da eletrólise de Faraday [7,8].

O eletropolimento consiste na remoção anódica controlada de material da superfície metálica, diminuindo a rugosidade [9], reduzindo tensões residuais e melhorando a resistência à corrosão [8,10,11]. Emanuele [12] verificou que liberação de Ni do AISI 316L durante a exposição em solução de suor artificial está associada ao efeito combinado da remoção da camada de passivação do aço inoxidável e da microporosidade do processo de eletropolimento, o que foi mitigado com a menor rugosidade superficial obtida com ajustes de parâmetros de processo. Já a anodização é um processo no qual uma camada de óxido é formada na superfície metálica por meio de polarização anódica, atuando como barreira protetora contra agentes corrosivos. No entanto, a formação de nanoestruturas porosas por anodização na superfície do AISI 316L em NaOH mostrou melhor resistência à corrosão em fluido corpóreo simulado em comparação ao mesmo aço sem tratamento, influenciando diretamente as propriedades eletroquímicas e biológicas da superfície [4].

Diante disso, este estudo tem como objetivo comparar a resistência à corrosão de superfícies de aço inoxidável AISI 316L modificadas por diferentes tratamentos eletroquímicos. A hipótese é de que métodos como o eletropolimento e a anodização promovem alterações significativas na topografia superficial, resultando em desempenho superior em ambientes corrosivos simulados [6,11].

2 Materiais e métodos

O material utilizado neste trabalho foi uma chapa metálica de aço inoxidável AISI 316L com espessura de 0,8mm. A partir desta chapa, foram cortadas amostras de 20x20mm, as quais foram analisadas como (i) recebidas (nomeadas de pura), (ii) eletropolidas e (iii) anodizadas.

Para o processo de eletropolimento, as amostras foram inicialmente polidas com uma lixadeira teclago LCF01D com rolo de feltro. Depois disso, as amostras foram imersas em 40% HF a 60 °C por 1min e eletropolidas em 40% v/v H₂SO₄, a 60 °C, com aplicação de potencial de 8 a 10V. Para o processo de anodização, as amostras de aço inoxidável AISI 316L foram lixadas até lixa SiC 2400 e polidas com pasta de diamante 1µm. Em seguida, as amostras foram anodizadas através de um sistema de dois eletrodos, com a amostra de aço inoxidável AISI 316L como eletrodo de trabalho e um fio de platina como contra eletrodo. Para tanto, foi utilizada uma fonte de potencial x corrente (300V – 500mA). O eletrólito foi uma solução 10 M NaOH. A anodização foi feita em modo galvanostático com aplicação de densidade de corrente de 0,6 mA.cm² baseado na metodologia descrita por Burleigh et al. [13]. A temperatura de processamento da anodização foi de

70 °C com agitação constante para eliminar as bolhas de gás formados por um período de 5 minutos [4].

As amostras foram avaliadas em vista de topo, quanto ao ângulo de contato e por meio de testes eletroquímicos de polarização potenciodinâmica.

Para as análises em vista de topo ao Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), as amostras foram metalizadas com alvo de ouro para condução elétrica e obtenção de imagens. O equipamento MEV utilizado para análise das amostras é do modelo JSM-6510LV, marca JEOL.

As análises de ângulo de contato foram realizadas em equipamento para medição do ângulo de contato, modelo OCA 15EC e marca Labcontrol. Nesta análise foi utilizada uma seringa com agulha de 0,4 mm e líquido água deionizada, depositando 8,3 µL com vazão de 2,0 µL/s. A aquisição de dados foi feita por meio do Software SCA20_U, da Dataphysics Instruments.

As análises de polarização potenciodinâmica das amostras foram realizadas no intervalo de -200 mV à 500 mV com relação ao potencial de circuito aberto. A varredura utilizada durante o ensaio foi de 10 mV/s. As amostras permaneceram 1 hora imersas no eletrólito de 3,5 M de NaCl, antes da realização do ensaio, para garantir a estabilização do potencial. O eletrodo de referência foi de calomelano saturado (ECS) O ensaio foi realizado em equipamento potencioestado, de marca AUTOLAB e modelo PGSTAT 302.

3 Resultados e discussões

As micrografias das amostras de aço inoxidável AISI 316L pura e eletropolida, analisadas ao MEV, estão representadas na Figura 1.

Na Figura 1 observam-se diferenças nas morfologias das amostras pura e eletropolida. Esse comportamento também foi verificado para o aço inoxidável AISI 316L como recebido e eletropolido em solução de H₃PO₄ (60%v/v) e H₂SO₄ (40%v/v) [7]. Os resultados mostraram uma camada óxida porosa formada naturalmente, contendo fissuras, que cobriu toda a superfície do aço inoxidável como recebido [7], corroborando com a micrografia da amostra pura, Figura 1A. Já o eletropolimento do AISI AISI 316L em H₃PO₄ e H₂SO₄ [7] e em eletrólito à base de etileno glicol-NaCl NaCl à temperatura ambiente em diferentes velocidades de agitação [14] resultou numa superfície lisa, livre de defeitos, associada à completa remoção do óxido. No processo de eletropolimento, a peça a ser polida funciona como ânodo, o qual é oxidado em íons metálicos devido à perda de elétrons. Com isso, ele se dissolve no eletrólito, resultando na remoção de materiais da superfície, deixando a superfície lisa [10]. No processo de eletropolimento não há interação mecânica, pois é usado eletrólito, o que permite o polimento de peças com formas complexas, sem ocasionar danos mecânicos ou tensões residuais, nem modificar a estrutura cristalina após o processo [9,10].

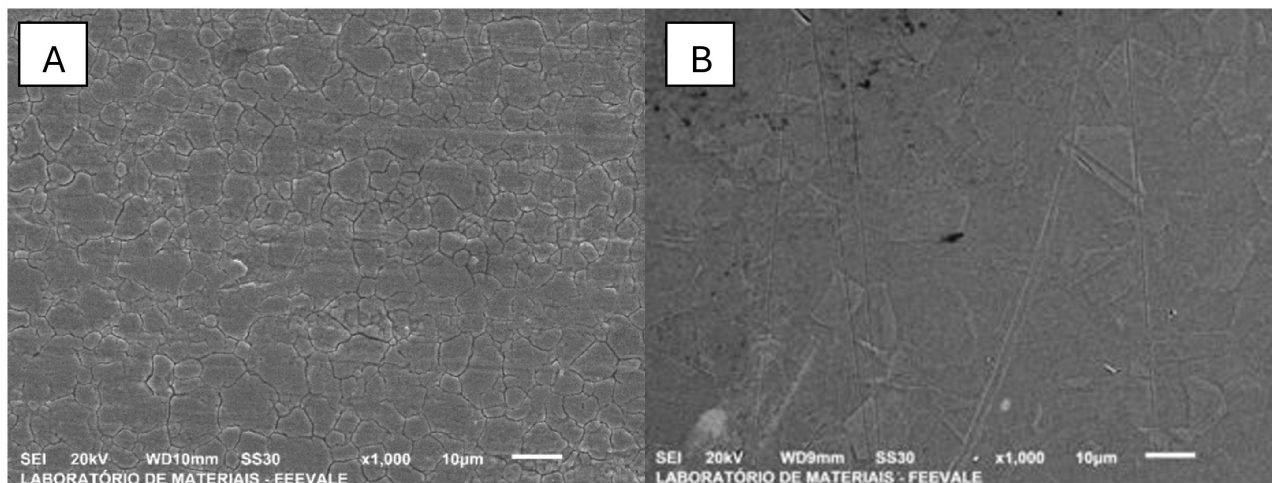


Figura 1. Micrografias do aço inoxidável AISI 316L (A) pura e (B) eletropolida.

No caso da amostra eletropolida (Figura 1B), o eletropolimento proporcionou uma superfície com menos imperfeições e com aspecto mais liso e homogêneo, sendo possível observar a microestrutura de grãos poligonais de austenita, característica do aço inoxidável AISI 316L [15].

Na Figura 2 é apresentada a micrografia em diferentes ampliações da amostra de aço inoxidável AISI 316L anodizada.

De acordo com a Figura 2, não se observa a morfologia da amostra pura (Figura 1A), mas uma superfície homogênea com alguns riscos oriundos do processo de fabricação, indicando a formação de camada anodizada na superfície do aço inoxidável AISI 316L somente lixada e polida [13,16]. De acordo com Petry [4], a amostra anodizada em aço AISI 316L, em 10M NaOH apresenta a formação de estruturas com arranjo de nano placas com ângulos bem definidos, o que não foi identificado nas micrografias da Figura 2. Uma provável explicação seria que as amostras de Petry [4] foram lixadas, polidas e dacapadas em 40% v/v HF; 60% v/v HNO₃, o que resultaria em uma superfície mais ativa anterior ao processo de anodização [17], proporcionando a formação de óxido com estrutura bem definida na forma de nanoplacas. No entanto, em maior magnificação (figura 2C) é possível observar certa rugosidade na superfície anodizada, indicando a formação de óxido poroso. Estudos recentes apontam que a anodização do aço inoxidável AISI 316L não forma uma camada do tipo barreira, mas sim estruturas porosas com potencial funcional. Ossowska et al. [18] demonstraram a formação de camadas porosas em aço inoxidável AISI 316L por meio de oxidação a 100V em etileno glicol e ácido perclórico, com morfologia caracterizada por poros de diferentes tamanhos, e melhoria significativa na resistência à corrosão em solução de ringer.

Da mesma forma, Hsu et al. [17] anodizaram AISI 316L em ácido nítrico e sulfúrico, identificando uma topografia micro/nanoporosa com formação de Cr₂O₃, estimulando adesão celular e potencial funções biomédicas.

Essas evidências indicam que o aço inoxidável AISI 316L tende a formar óxidos porosos e não uma camada passiva uniforme (óxido barreira), especialmente sob condições de anodização agressiva, como em NaOH, Figura 2C.

Na Figura 3 estão mostrados os resultados de ângulos de contato obtidos para as amostras de aço inoxidável puro, anodizado e eletropolido.

De acordo com a Figura 3, observa-se que há diferença de molhabilidade da superfície da amostra pura (sem nenhum tratamento superficial) em comparação às amostras anodizada e eletropolida. O ângulo de contato do aço inoxidável AISI 316L puro, Figura 3a, foi de $77,9^\circ \pm 4,3$, indicando que esta amostra apresenta comportamento de superfície hidrofílica, com menor ângulo de contato, portanto maior molhabilidade superficial em comparação às demais amostras. Observa-se que o eletropolimento aumenta o ângulo de contato do aço inoxidável para $85,3^\circ \pm 4,6$. Comportamento semelhante foi verificado em amostras de aço inoxidável AISI 316L como recebido e eletropolido em eletrólito composto de ácido fosfórico (60% v/v) e ácido sulfúrico (40% v/v). Após o eletropolimento, as amostras foram imersas em solução ácida composta por ácido fluorídrico (2% v/v) e ácido nítrico (10% v/v) para limpeza da superfície e formação da camada de óxido natural fina e homogênea. Além disso, a imersão em ácido foi usada como uma etapa de tratamento para remover o fosfato da camada formada após o processo de eletropolimento. Os autores verificaram que o ângulo de contato formado na superfície do aço inoxidável AISI 316L puro em contato com água foi de $83,6^\circ$, mas diminuiu para $56,5^\circ$ após o eletropolimento. O menor ângulo de contato da amostra eletropolida foi atribuído ao aumento da energia superficial, uma vez que esta amostra apresentava elevada rugosidade. Já para as amostras eletropolidas e quimicamente atacadas, os autores observaram aumento do ângulo de contato devido à menor energia de superfície. Os autores justificaram esse comportamento devido à redução de carbono e da rugosidade (uma vez que as amostras apresentaram

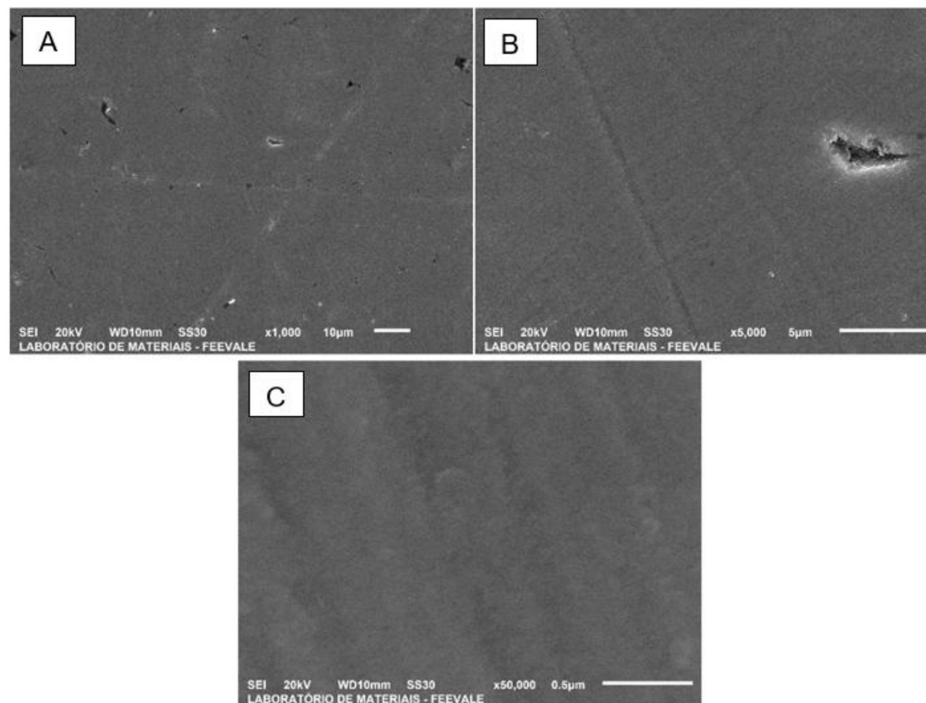


Figura 2. Micrografias da amostra de aço inoxidável AISI 316L anodizada em magnificações de (A) 1000x (B) 5000x (C) 50000x.

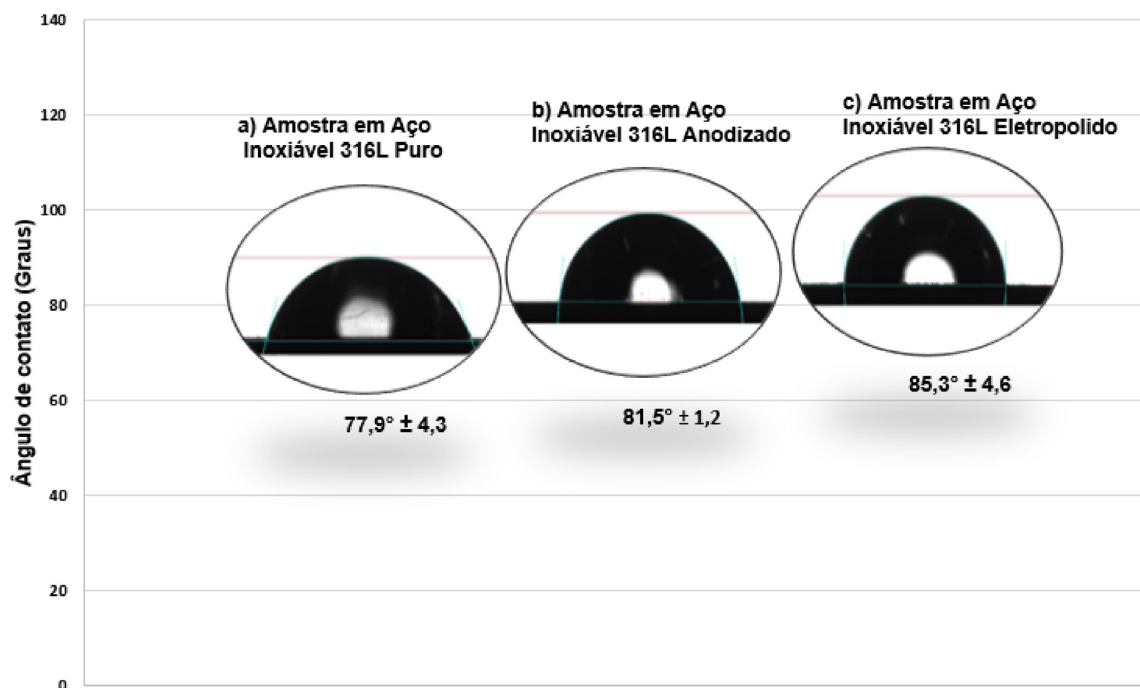


Figura 3. Ângulo de contato das amostras de aço inoxidável AISI 316L (a) Puro, (b) Anodizado e (c) Eletropolido.

superfícies com aspecto mais liso), bem como, à remoção completa de contaminações superficiais medida por meio de análises de XPS (Espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X) [7].

No caso da Figura 3c, a amostra eletropolida apresenta superfície mais homogênea e livre de imperfeições quando

comparada à amostra pura, indicando menor energia de superfície e portanto, o maior ângulo de contato.

Analisando a Figura 3b, do aço inoxidável AISI 316L anodizado, é possível perceber comportamento mais hidrofóbico comparado à amostra pura, devido ao aumento do ângulo de contato com o processo de anodização.

As condições experimentais deste trabalho seguem a metodologia adotada por Petry [4] e de acordo com o autor, a anodização em aço inoxidável forma crescimento de nano placas na superfície das amostras anodizadas em aço inoxidável AISI 316L. Segundo o autor, o crescimento destas nano placas aumentam a rugosidade superficial da amostra, portanto reduzindo a molhabilidade da superfície. No caso das amostras anodizadas, Figura 3b, o aumento da rugosidade pode não ser devido à formação de nanoplaças, mas à formação de óxido poroso na superfície Figura 2C.

A Figura 4 mostra as curvas de polarização potenciodinâmica das amostras de aço inoxidável AISI 316L puro, anodizado e eletropolido.

De acordo com a Figura 4, não se observa variação significativa do potencial de corrosão entre as amostras pura, anodizada e o eletropolida, que se manteve em aproximadamente -200mV . Saha et al. [19] realizaram polarização potenciodinâmica em aço inoxidável 304 e encontraram variações de aproximadamente 100mV com o processo de anodização. O potencial de corrosão medido pelos autores para o aço inoxidável sem tratamento foi de -220mV (E_{ECS}) enquanto para a amostra anodizada foi de -119mV (E_{ECS}). No entanto, o aço inoxidável 304 apresentou espessura da camada anodizada de aproximadamente $1,65\mu\text{m}$. No caso da amostra anodizada, Figura 4, é possível que a espessura do óxido seja fina, de alguns nanômetros, o que concordaria com o potencial de corrosão semelhante aos das amostras não anodizadas. Já com relação à amostra eletropolida, o aço inoxidável forma uma película passiva naturalmente ao ar em função do cromo [9]. A resistência à

corrosão do aço inoxidável resulta da presença de um filme fino de óxido na superfície do metal, que é estabilizado pelo cromo, protegendo o metal. Embora adições de 1% a 11% Cr ao aço já aumentem progressivamente a resistência à oxidação a temperatura ambiente, esta resistência é geralmente insuficiente para ambientes químicos muito corrosivos. Ligas contendo mais de 11% Cr apresentam resistência à corrosão compatível para a utilização do aço em ambientes mais agressivos [20].

Neste caso, a formação de uma película protetora, porém bastante fina, explicaria o comportamento semelhante entre o aço puro e o eletropolido.

De acordo com a Figura 4, as setas horizontais preta (puro), vermelha (eletropolido) e verde (anodizado) indicam as densidades de corrente de corrosão das amostras.

Observa-se que a densidade de corrente de corrosão aumenta aproximadamente uma ordem de grandeza para a amostra eletropolida, sendo maior para a amostra anodizada em comparação à amostra pura. A densidade de corrente de corrosão está relacionada com as reações de interface da dupla camada elétrica, quando o sistema amostra/eletrólito encontra-se em equilíbrio [21]. No caso da amostra de aço inoxidável AISI 316L puro, as reações de interface em equilíbrio podem ser decorrentes do Fe presente no aço, que é o elemento químico majoritário. Já o eletropolimento, seguido da exposição ao ar, proporciona a formação de uma camada passiva na superfície das amostras, indicando que as reações de interface provavelmente ocorrem entre essa camada passiva, mesmo que de espessura fina, e o eletrólito. E por fim, as amostras anodizadas contém em sua superfície

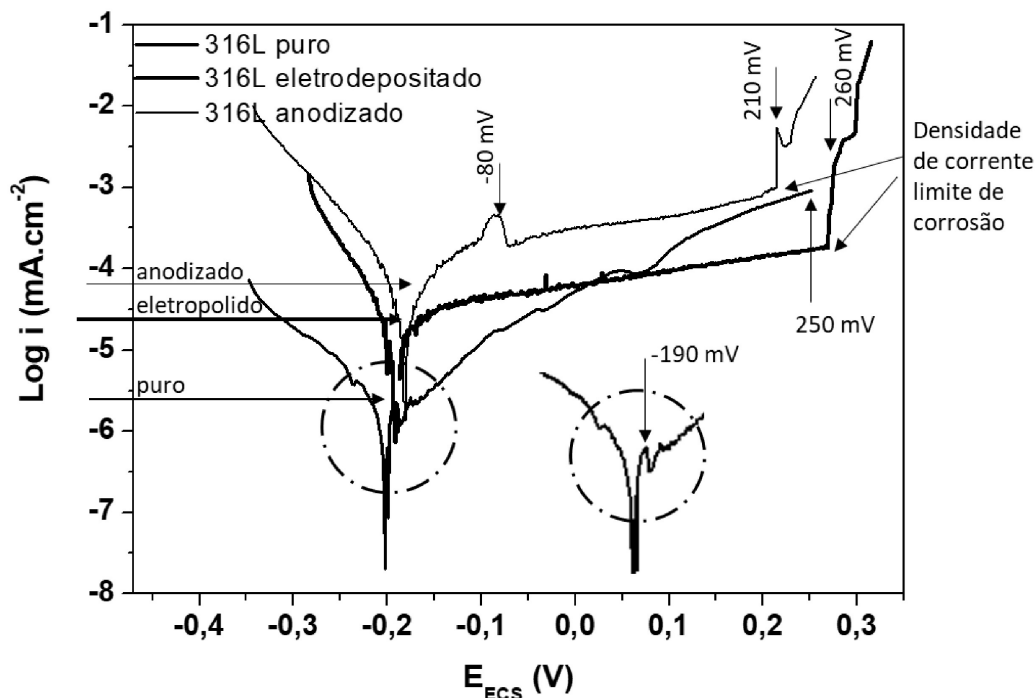


Figura 4. Curvas de polarização potenciodinâmica das amostras de aço inoxidável AISI 316L puro (preto), eletropolido (vermelho) e anodizado (verde).

óxido [4], o qual é responsável pela maior densidade de corrente observada.

Com o aumento da sobretensão, a partir do potencial de corrosão, se observa um pico em -190mV para a amostra pura, Figura 5, em destaque no círculo pontilhado em preto. Isso indica que ocorre polarização por ativação, relativa à transferência de carga. Esse mesmo comportamento não é observado nas amostras anodizada e eletropolida. Neste caso, a transferência de carga ocorre na amostra pura, por meio da dissolução do Fe para o eletrólito, com a perda de elétrons. Como as amostras eletropolidas e anodizadas já contêm um filme passivo em sua superfície, a transferência de carga com perdas de elétrons não é observada. Após a polarização por ativação do aço inoxidável AISI 316L puro, se observa que a curva de densidade de corrente aumenta linearmente até o potencial atingir aproximadamente 250mV . Esse comportamento indica a formação de produtos de corrosão sem a etapa de passivação. No entanto, as micrografias ao MEV após a polarização não apresentam produtos de corrosão aparentes, Figura 5A.

Já na amostra anodizada, com o aumento da sobretensão, observa-se comportamento passivo até $-0,08\text{mV}$, conforme a Figura 4, com a ocorrência de um pico e novamente a amostra retorna ao comportamento passivo. Esse pico observado em $-0,08\text{mV}$ é devido ao rompimento da camada passiva, originando pites [16], e sua posterior passivação, o que justificaria a continuidade da curva. De acordo com Gentil [22] os picos de densidade de corrente indicam que o metal é susceptível à corrosão por pite em um potencial específico. Em alguns casos, o filme de óxido formado pode

ser facilmente destruído, bastando um leve choque para destruir a película. Entretanto alguns filmes passivos não são tão sujeitos à destruição, mesmo quando fraturados, pois, os filmes podem formar-se novamente desde que o meio seja propício. Assim, o aço inoxidável contendo 18 Cr e 8 Ni é um bom exemplo, pois forma um filme altamente protetor na superfície metálica e o material resiste ao ataque em meios corrosivos, desde que haja uma pequena quantidade de oxigênio dissolvido na solução, para reparar possíveis fraturas no filme [2,3]. No caso da amostra anodizada, Figura 5C-D, observam-se pites na superfície após a polarização, devido à formação do filme passivo.

Já para o aço inoxidável eletropolido, se observa somente passivação com densidade de corrente limite de corrosão inferior à do anodizado, Figura 4. Além disso, o potencial de pite do eletropolido ($0,26\text{mV}$) o corre em potenciais mais nobres em comparação ao anodizado ($0,21\text{mV}$). Racot et al. [23] avaliaram aço inoxidável AISI 316L forjado por meio de polarização cíclica em eletrólito 4mol/L NaCl e verificaram que o potencial de pite ocorria em $0,05\text{V}$ com relação ao eletrodo de referência Ag/AgCl . Os autores atribuíram esse comportamento à ruptura do filme passivo e ao desenvolvimento de pites na superfície do metal. Os autores compararam o aço inoxidável AISI 316L forjado com o mesmo aço obtido por manufatura aditiva a laser, e verificaram que a manufatura a laser desloca o potencial de pite para valores mais nobres. Esse comportamento foi devido a menor quantidade de defeitos, resultando em superfície aparentemente homogênea, livre de imperfeições para o aço

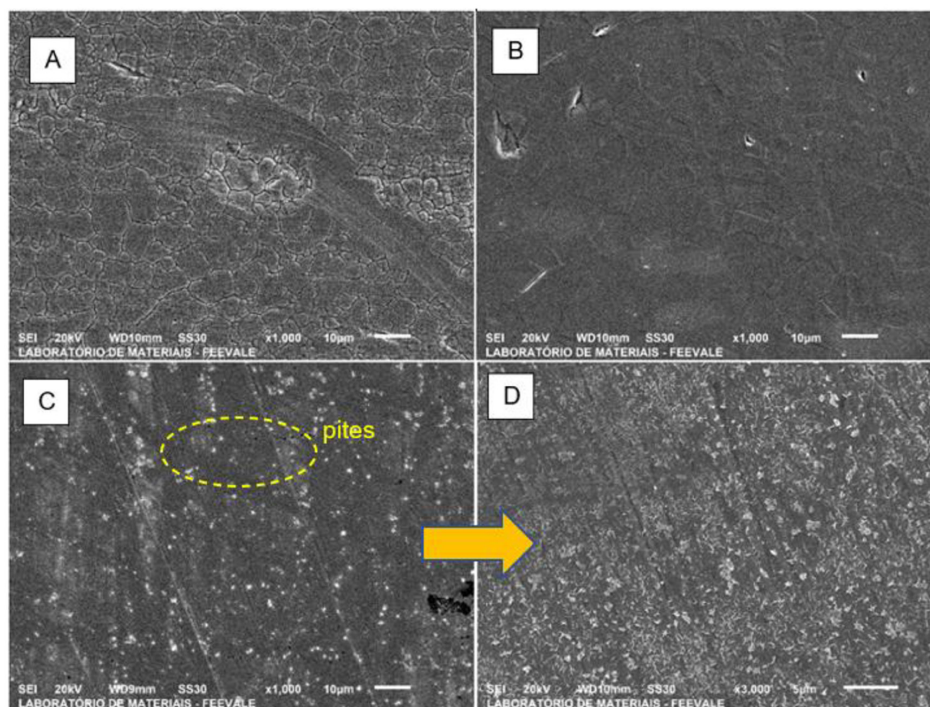


Figura 5. Micrografias das amostras de aço inoxidável AISI 316L após polarização: (a) Puro, (b) Eletropolido, (c) anodizado e (d) anodizado em maior magnificação (3000x).

inoxidável obtido por manufatura aditiva comparado ao aço inoxidável forjado que contém imperfeições na superfície.

De acordo com a Figura 5 B, visualmente não se observam produtos de corrosão após a polarização para a amostra eletropolida. Portanto, o melhor comportamento frente à corrosão tanto em função da menor densidade de corrente de corrosão quanto do potencial de pite mais nobre da amostra eletropolida pode ser explicado devido à superfície livre de imperfeições, contendo uma camada passiva, quando comparada ao aço inoxidável AISI 316L puro e ao anodizado.

4 Conclusão

Concluiu-se, com base nos resultados, que o eletropolimento reduziu as imperfeições, proporcionando aspecto mais liso e homogêneo na superfície do aço inoxidável AISI 316L, revelando a microestrutura de austenita.

Os resultados de molhabilidade mostraram que aço inoxidável AISI 316L puro apresentou superfície mais

hidrofílica, seguido do anodizado e do eletropolido, o que foi justificado pela rugosidade decorrente de óxido poroso formado durante a anodização e à superfície mais homogênea livre de imperfeições proporcionada pelo eletropolimento.

As curvas de polarização potenciodinâmica e micrografias ao MEV após a polarização mostraram que as amostras pura e eletropolida não apresentam produtos de corrosão visíveis, enquanto a anodizada apresentou pites.

Portanto, o melhor comportamento frente à corrosão, tanto em função da menor densidade de corrente de corrosão quanto do potencial de pite mais nobre, foi da amostra eletropolida, o que pode ser explicado devido à superfície livre de imperfeições, contendo camada passiva, quando comparada ao aço inoxidável AISI 316L puro e ao anodizado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, à FAPERGS e ao Laboratório de Estudos Avançados em Materiais da Universidade Feevale.

Referências

- 1 Lei H, Wang Z, Qiao L, Yan Y. Tribocorrosion behavior of 316L stainless steel in alternating wet and dry environments. *Journal of Materials Research and Technology*. 2025;37:2118-2127. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2025.06.163>.
- 2 Souza NO, Kunst SR, Soares LG, Ziulkoski AL, Schneider EL, Oliveira CT. Análise de resistência à corrosão de agulhas de aço inoxidável 316L utilizadas no envase de vacinas. *Matéria (Rio de Janeiro)*. 2024;29(3):e20240158. <https://doi.org/10.1590/1517-7076-rmat-2024-0158>.
- 3 Yazdanpanah A, Pietri A, Hjal AB, Biasiolo L, Dabalà M. Electrochemical and localized corrosion characteristics of kolsterised and DLC-coated 316LVM stainless steel for biomedical applications. *Applied Surface Science*. 2025;693:162808. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2025.162808>.
- 4 Petry M, Soares LG, Schneider EL, Ziulkoski AL, Morisso FDP, Kunst SR, et al. Obtaining a nanoporous layer by the anodizing process on AISI 316L steel to obtain better corrosion resistance properties in metallic biomaterials applications. *Materials Research*. 2024;27:e20230364. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2023-0364>.
- 5 Taxell P, Huuskonen P. Toxicity assessment and health hazard classification of stainless steels. *Regulatory Toxicology and Pharmacology : RTP*. 2022;133:105227. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2022.105227>. PMID:35817207.
- 6 Shen M, Fang F. Two-step electropolishing of internal surfaces of 316L stainless steel made by laser-based powder bed fusion. *Journal of Manufacturing Processes*. 2023;89:298-313. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2023.01.052>.
- 7 Latifi A, Imani M, Khorasani MT, Joupari MD. Electrochemical and chemical methods for improving surface characteristics of 316L stainless steel for biomedical applications. *Surface and Coatings Technology*. 2013;221:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2013.01.020>.
- 8 Han W, Fang F. Orientation effect of electropolishing characteristics of 316L stainless steel fabricated by laser powder bed fusion. *Frontiers of Mechanical Engineering*. 2021;16(3):580-592. <https://doi.org/10.1007/s11465-021-0633-7>.
- 9 Feng K, Liu C, Wang Y, Wang Z. Electropolishing of 316L stainless steel small-diameter tubes: reduced surface roughness and enhanced corrosion resistance. *Journal of Materials Engineering and Performance*. 2025;34(13):13697-13709. <https://doi.org/10.1007/s11665-024-10090-9>.
- 10 Łyczkowska-Widłak E, Lochynski P, Nawrat G. Electrochemical polishing of austenitic stainless steels. *Materials (Basel)*. 2020;13(11):2557. <https://doi.org/10.3390/ma13112557>. PMID:32512733.

- 11 Colombo D, Carro I, Catellani C, Ceré S. Electropolishing of AISI 316L: effect on surface characteristics and corrosion behavior. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2024;130(9-10):4207-4219. <https://doi.org/10.1007/s00170-024-12972-7>.
- 12 Emanuele R, Comparini A, Verrucchi M, Pace ID, Meoli A, Vorobyova M, et al. Nickel release from 316L stainless steel following a Ni-free electroplating cycle. *Heliyon*. 2024;10(17):e37125. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37125>. PMID:39286204.
- 13 Burleigh TD, Schmuki P, Virtanen S. Properties of the nanoporous anodic oxide electrochemically grown on steel in hot 50% NaOH. *Journal of the Electrochemical Society*. 2009;156(1):C45. <https://doi.org/10.1149/1.3021029>.
- 14 Han W, Fang F. Fundamental aspects and recent developments in electropolishing. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*. 2019;139:1-23. <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2019.01.001>.
- 15 Silva RS, Demarque R, Santos EP, Castro JA. Influência do aporte térmico sobre as características e propriedades de cordões de solda dos aços AISI 316 e AISI 316L. *Soldagem e Inspeção*. 2020;25:e2504. <https://doi.org/10.1590/0104-9224/si25.04>.
- 16 Leite P, Schmitt CE, Morisso FDP, Carone CLP, Kunst SR, Ferreira JZ, et al. Obtenção de superfície porosa e condutora em aço inoxidável ferrítico. *Tecnologica em Metalurgia, Materiais e Mineração*. 2022;19(1):e2183. <https://doi.org/10.4322/2176-1523.20222183>.
- 17 Hsu H-J, Wu C-Y, Huang B-H, Tsai C-H, Saito T, Ou K-L, et al. Surface characteristics and cell adhesion behaviors of the anodized biomedical stainless steel. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*. 2020;10(18):6275. <https://doi.org/10.3390/app10186275>.
- 18 Ossowska A, Ryl J, Sternicki T. Production and properties of the porous layer obtained by the electrochemical method on the surface of austenitic steel. *Materials (Basel)*. 2022;15(3):949. <https://doi.org/10.3390/ma15030949>. PMID:35160903.
- 19 Saha SK, Park YJ, Kim JW, Cho SO. Self-organized honeycomb-like nanoporous oxide layer for corrosion protection of type 304 stainless steel in an artificial seawater medium. *Journal of Molecular Liquids*. 2019;296:111823. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111823>.
- 20 Nunes LP. *Materiais: aplicações de engenharia, seleção e integridade*. Rio de Janeiro: Interciência; 2012.
- 21 Wolyneć S. *Técnicas eletroquímicas em corrosão*. São Paulo: Edusp; 2013.
- 22 Gentil V. *Corrosão*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC; 2022.
- 23 Racot A, Aubert I, Touzet M, Thiebaut T, Demesy D. Statistical analysis of the pitting corrosion induced by potentiostatic pulse tests of wrought and SLM 316L stainless steels. *Corrosion Science*. 2022;197:110036. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2021.110036>.

Recebido em: 21 Jul. 2025

Aceito em: 31 Mar. 2026

Editor responsável:

Paula Fernanda da Silva Farina 