



XXVII Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica
08 a 12 de fevereiro de 2021, Curitiba, PR, Brasil

ELETRODEPOSIÇÃO DE Ni-P EM SUBSTRATO DE AÇO ABNT 1020

Hannah Marrocos Neves, hannah.m.neves@gmail.com¹

Rhander Viana, rhanderviana@gmail.com²

1,2

Universidade de Brasília - FGA, Área Especial, Projeção A, UnB - Setor Leste, Gama - 72444-240

Resumo. A eletrodeposição é um procedimento muito eficaz para o revestimento de metais e muito utilizado na indústria. Apesar dos diferentes tipos de materiais, que podem ser usados na eletrodeposição, capazes de oferecer uma boa resistência mecânica ao metal revestido, o Níquel é uma excelente opção por suportar altas temperaturas, poder ser empregado nos revestimentos de uma grande variedade de ligas metálicas e por ser um dos mais econômicos. Utilizando o processo de eletrodeposição, e como soluto a solução de Brenner, 2 amostras de aço ABNT 1020 foram devidamente preparadas e revestidas de Ni-P em 2 combinações diferentes: Deposição de Ni-P com agitação da solução e Deposição de Ni-P sem agitação da solução. As amostras foram submetidas aos ensaios de massa, rugosidade média e caracterização superficial por MEV/EDS. Os resultados mostraram uma maior massa incorporada na amostra de Ni-P sem agitação, um aumento na rugosidade média dos substratos de aço ABNT 1020 após a deposição do filme de Ni-P e uma textura mais uniforme sem presença de grânulos, poros e fissuras na amostra revestida de Ni-P com agitação da solução de Brenner.

Palavras chave: Eletrodeposição. Níquel. Aço ABNT 1020. Solução de Brenner

Abstract. Electroplating is a very effective procedure for coating metals and is widely used in modern industry. Despite the different types of materials, which can be used in electroplating, capable of offering good mechanical resistance to the coated metal, Nickel is an excellent option for high combinations, for can be used in the coatings of a wide variety of metal alloys and for being one of the most economical. Using the electrodeposition process and Brenner's solution as solute, 2 ABNT 1020 steel samples were properly prepared and coated with Ni-P in 2 different ones: 1 sample without using the magnetic stirrer and 1 sample with the use of the magnetic stirrer. The samples were submitted to mass, average roughness and surface texture by SEM/EDS. The results showed a greater mass incorporated into the Ni-P sample without stirring, an increase in the average roughness of ABNT 1020 steel substrates after deposition of the Ni-P film and a more uniform texture without the presence of granules, pores and cracks in the Ni-P coated sample with stirring Brenner's solution.

Keywords: Electrodeposition. Nickel. ABNT 1020 steel. Brenner's solution

1. INTRODUÇÃO

A eletrodeposição atualmente é um processo bastante comum na área de tratamento de superfícies metálicas, por proporcionar resistência à corrosão, abrasão, aumento da dureza, melhoria da estética, entre outros. Este processo pode ser empregado no tratamento de superfícies de diversos modelos de peças, e dependendo da geometria da peça, podem ser adotados diferentes métodos de tratamento, e até mesmo diferentes tipos de materiais.

Devido à sua boa resistência à corrosão, deformabilidade e soldabilidade, o níquel eletrodepositado é amplamente aplicado a peças de componentes elétricos e eletrônicos, indústria petroquímica, aeroespacial e indústria militar (Yang-tao *et al.*, 2017). Composições como a de Ni-P são muito usuais atualmente nas indústrias pela possibilidade de serem tratados termicamente para a obtenção de um revestimento com maior dureza e resistência ao desgaste. Revestimentos de níquel-fósforo (Ni-P) podem ser tratados termicamente, e atingir dureza de aproximadamente 1000 HV. Existe também a possibilidade de tratar termicamente revestimentos de Ni-P com incorporação de partículas, conferindo desta forma dureza e resistência ao desgaste superiores em relação ao revestimento de Ni-P sem partículas com tratamento térmico (Melo, 2009; Yonezu *et al.*, 2013). Comumente, os revestimentos de níquel são nobres e, por esta razão, são utilizados para a proteção contra a corrosão do substrato.

Além disso, o revestimento de níquel pode propiciar ao substrato resistência ao desgaste. No entanto, as propriedades de dureza e resistência ao desgaste dependerão da composição do revestimento obtido (Fraga Malfatti, 2000). O emprego do Ni-P tem aumentado e apresenta um mercado muito promissor. A proteção de equipamentos e de componentes utilizados na exploração de petróleo em águas profundas, na exploração de minérios e na indústria química é uma aplicação clássica do Ni-P, sendo usado originalmente nos equipamentos e componentes e/ou manutenção destes. O Ni-P pode encontrar muitas aplicações, devido à obtenção de vários tipos de revestimento com diferentes teores de fósforo que podem apresentar diversas propriedades. Porém, esta grande variedade no teor de fósforo tem gerado confusão e má utilização do revestimento por não se ter conhecimento pleno de suas propriedades (Cardoso, 2006). O objetivo deste trabalho é investigar de maneira introdutória os aspectos da eletr deposição de Ni-P em substratos de aço ABNT 1020 em solução com agitação e sem agitação, tendo como parâmetros de análise: a massa de Ni-P depositada, a rugosidade média (Ra) dos substratos depositados e a morfologia dos revestimentos de Ni-P por MEV.

2. METODOLOGIA

2.1 Preparação das Amostras

O material escolhido para metal de base das amostras foi o Aço ABNT 1020, na forma de corpos de prova com dimensões de 10 mm de largura, 20 mm de comprimento e 4,65 mm de espessura. Os corpos de prova foram lixados progressivamente com lixas de granulometria 200 até a granulometria 1200. Antes da deposição de Ni-P, os corpos de prova foram limpos utilizando-se uma solução decapante e em sequência foram submersos em álcool isopropílico. Após a limpeza foi utilizado ácido sulfúrico 72 % para ativação da superfície, deixando cada corpo de prova submerso por um período de 1 minuto. Foram preparados três corpos de prova, um corpo de prova foi apenas lixado e limpo e outros dois passaram pela sequência de lixamento, limpeza e ativação da superfície.

2.2 Solução de Brenner

A solução utilizada na deposição do revestimento de Ni-P foi a “solução de Brenner (1984)”, composto que leva o nome do seu criador, no qual consiste em um soluto onde são predominantes os elementos níquel (Ni) e fósforo (P). Os compostos da Tab. 1 foram dissolvidos em água destilada de forma a obter o volume final de 5 litros de solução de Brenner.

Tabela 1. Concentração dos Compostos utilizados na Solução de Brenner (1984)

Composto	Concentração
NiSO ₄	210 g/l
NiCl ₂	60 g/l
Na ₂ SO ₄	50 g/l
H ₃ PO ₄	50 g/l
H ₃ PO ₃	20 g/l

2.3 Eletr deposição

A Tabela 2 mostra as condições estabelecidas para a eletr deposição das amostras revestidas de Ni-P. A eletr deposição foi realizada utilizando uma montagem que contava com um agitador magnético com controle de rotação e temperatura marca RBR modelo 0479 para 4 litros, e uma fonte de alimentação Minipa modelo MPS-3005B 30 V e 5 A.

Tabela 2. Características da eletr deposição de Ni-P

Temperatura do banho	60 °C
Tempo de experimento	35 minutos
Corrente aplicada	0,21 A
Tensão aplicada	5 V
pH	4,5

2.5 Ensaio de Massa

Para mensurar a variação nas massas dos corpos de prova antes e após a deposição do revestimento de Ni-P com e sem agitação, as amostras foram pesadas utilizando-se uma balança de precisão semi-analítica com resolução de

0,0001g da marca OHAUS, modelo AR 5120. Foram realizadas três medições para cada corpo de prova, antes e após a deposição dos revestimentos.

2.6 Ensaio de Rugosidade

O objetivo destes ensaios foi obter a rugosidade média (R_a) dos corpos de prova antes e após a deposição dos revestimentos de Ni-P com e sem agitação. Foram realizadas seis medições, três em cada face 10x20 mm dos corpos de prova. Os ensaios de rugosidade foram realizados utilizando-se um rugosímetro Mitutoyo modelo SJ-210 *cutt-of* de 0,25 mm, aplicando a norma JIS B0601 (2001) para perfis de rugosidade média (R_a) não periódicos.

2.7 Ensaio de caracterização superficial por MEV

Para caracterizar as superfícies das amostras revestidas de Ni-P com e sem agitação mecânica, e amostra sem revestimento, foram realizados ensaios de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). As imagens obtidas por MEV permitiram observar com maior detalhamento aspectos da morfologia, microestrutura e topografia das superfícies revestidas. As imagens de MEV foram obtidas utilizando-se um equipamento da marca JEOL modelo JSM-7000F, pertencente ao Laboratório de Microscopia e Microanálise (LMM) do Instituto de Ciências Biológicas (IB) da Universidade de Brasília (UnB).

3. RESULTADOS

Na Tabela 3, segue as especificações referentes às amostras ensaiadas. Todas as amostras foram submetidas ao mesmo experimento, ao mesmo ambiente e aos mesmos equipamentos.

Tabela 3. Organização das amostras

Amostra 0	Amostra 1	Amostra 2
Sem revestimento	Ni-P sem agitação	Ni-P com agitação

3.1 Massa

Na Figura 1 são mostradas as medidas aferidas da massa das amostras antes e depois da eletrodeposição de Ni-P. No gráfico plotado a massa está iniciando em 7,0 g com a intenção de ampliar a região na qual mostra a dispersão da média obtida.

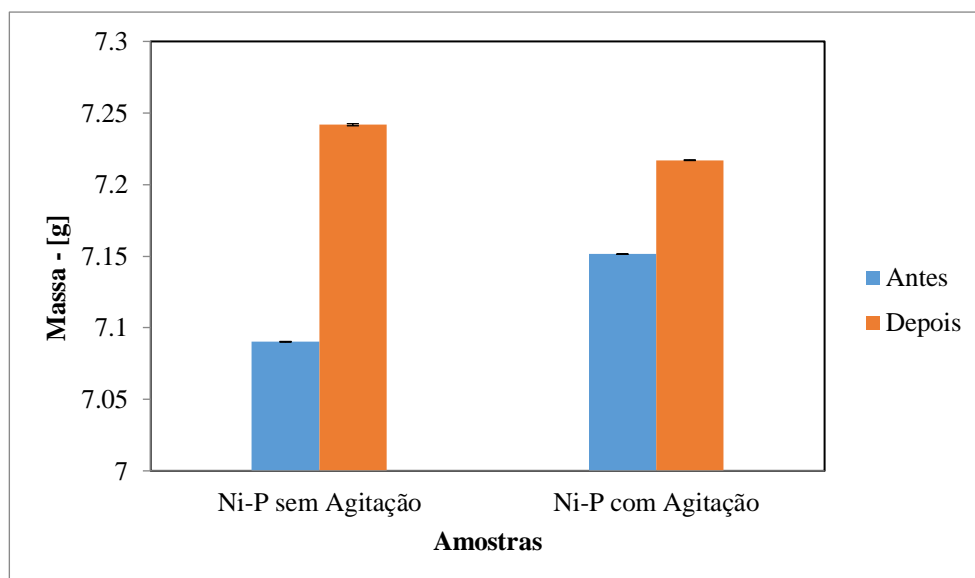


Figura 1. Comparativo de massas das amostras antes e depois da eletrodeposição de Ni-P sem e com agitação.

Na amostra em que foi depositado Ni-P sem a presença de agitação, ocorreu uma grande variação de massa, com a diferença chegando a 152,1 mg. Enquanto a amostra que utilizou agitação mecânica apresentou menor variação de massa, 65,6 mg. Resultados que podem ser justificados pela maior concentração de íons de níquel por área exposta durante a deposição no substrato sem agitação mecânica.

3.2 Rugosidade

Na Figura 2 são mostradas as medidas aferidas da rugosidade média em ambas as faces das amostras antes e depois da eletrodeposição de Ni-P.

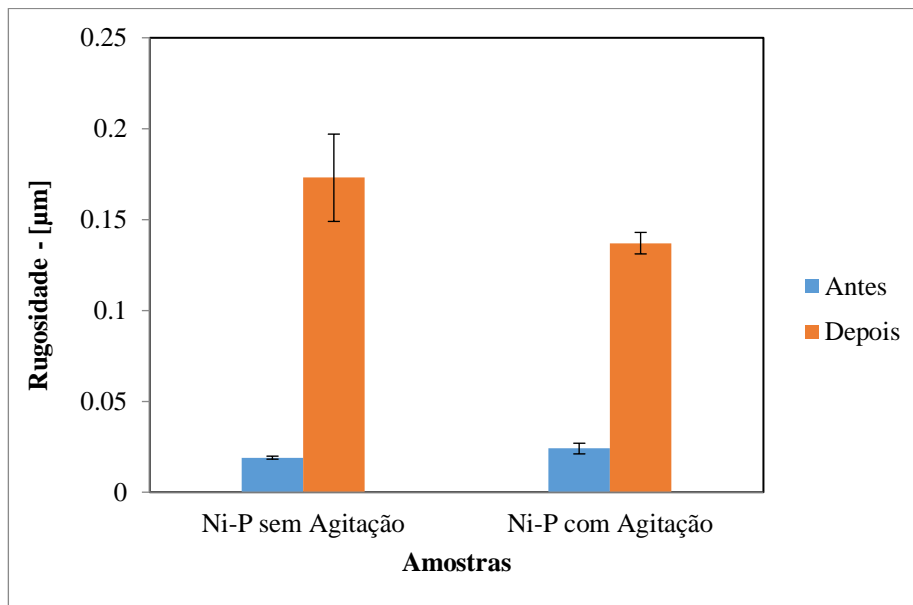


Figura 2. Comparativo da rugosidade média (Ra) das amostras antes e depois da eletrodeposição de Ni-P

Os resultados da Fig. 2 mostraram que a deposição do revestimento Ni-P aumentam a rugosidade média dos substratos de aço ABNT 1020. Este aumento pode ser justificado em virtude da formação de poros, microfissuras e protuberâncias que alteram o perfil de rugosidade do substrato original. Observa-se também o aumento mais significativo da rugosidade para a amostra revestida de Ni-P sem agitação, assim como uma maior dispersão da média. Essa dispersão mais acentuada, provavelmente, é resultado da falta de movimentação da amostra, e especificamente, neste caso, da falta de movimentação da solução de Brenner. A falta de movimentação da solução provoca a incorporação de ar ou bolhas de hidrogênio na superfície da amostra, prejudicando o acabamento superficial da peça. Outro fator, que pode ter sido preponderante, na maior dispersão da rugosidade média do substrato de Ni-P sem agitação é a remoção incompleta de sujidades da superfície, originando uma formação desuniforme de depósitos de óxidos (Lay, 2019).

3.3 Caracterização superficial por MEV

A Figura 3 mostra a superfície de um substrato de aço ABNT 1020, amostra 0, sem revestimento. Na imagem é possível observar claramente as marcas provenientes do processo de lixamento da amostra, com a formação de vários sulcos de deformação.

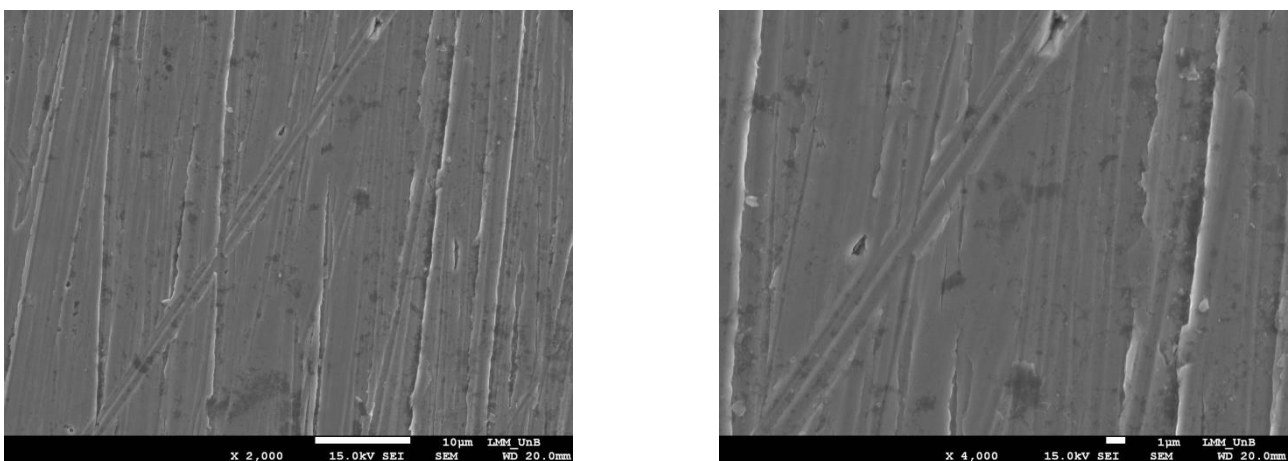


Figura 3. Caracterização superficial por MEV da amostra 0 sem revestimento

A Tabela 4 e a Fig. 4 mostram a análise quantitativa realizada em EDS da amostra 0, sem revestimento, identificando em maior quantidade o elemento químico ferro (98,43 %), como já era esperado para o aço ABNT 1020.

Tabela 4. Elementos químicos obtidos por EDS para a amostra 0

Element Line	Net Counts	Weight %	Atom %	Composição	Compnd %
C K	0	0,00	0,00	C	0,00
Si K	38	0,27	0,54	Si	0,27
S K	24	0,15	0,27	S	0,15
Fe K	3128	98,43	98,11	Fe	98,43
Ni K	22	1,14	1,08	Ni	1,14
Total		100,00	100,00		100,00

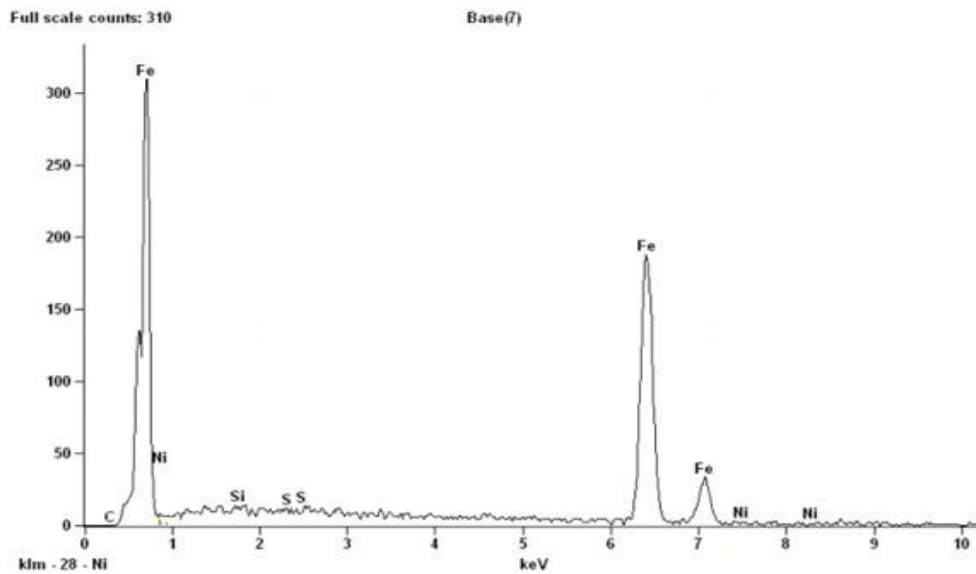


Figura 4. Amostra espectral por EDS dos elementos obtidos na amostra 0

Na Figura 5 observa-se o recobrimento da superfície da amostra 1 pelo filme de Ni-P. Os sulcos de deformação causados pelo processo de lixamento foram encobertos, formando um filme com uma morfologia arredondada com aspecto escamado contendo pequenas vacâncias entre as escamas formadas.

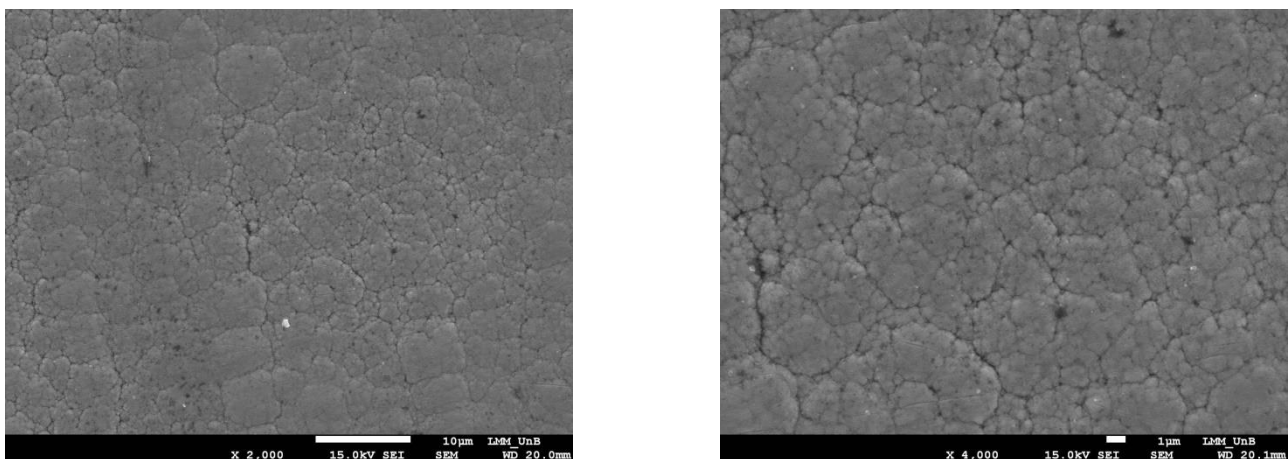


Figura 5. Caracterização superficial por MEV da amostra 1 revestida de Ni-P sem agitação.

Na Tabela 5 e Fig. 6 é possível observar que para a amostra 1 ocorreram picos elevados de concentração de níquel (Ni) e fósforo (P), condizente com o resultado esperado. Além disso, nota-se que não há concentração de ferro.

Tabela 5. Elementos químicos obtidos por EDS para a amostra 1

Element Line	Net Counts	Weight %	Atom %	Composição	Compnd %
C K	0	0,00	0,00	C	0,00
O K	87	1,01	3,47	O	1,01
Na K	0	0,00	0,00	Na	0,00
Si K	22	0,17	0,33	Si	0,17
P K	672	4,70	8,3	P	4,70
S K	24	0,16	0,28	S	0,16
Cl K	15	0,13	0,19	Cl	0,13
Fe K	0	0,00	0,00	Fe	0,00
Ni K	1881	93,83	87,43	Ni	93,83
Total		100,00	100,00		100,00

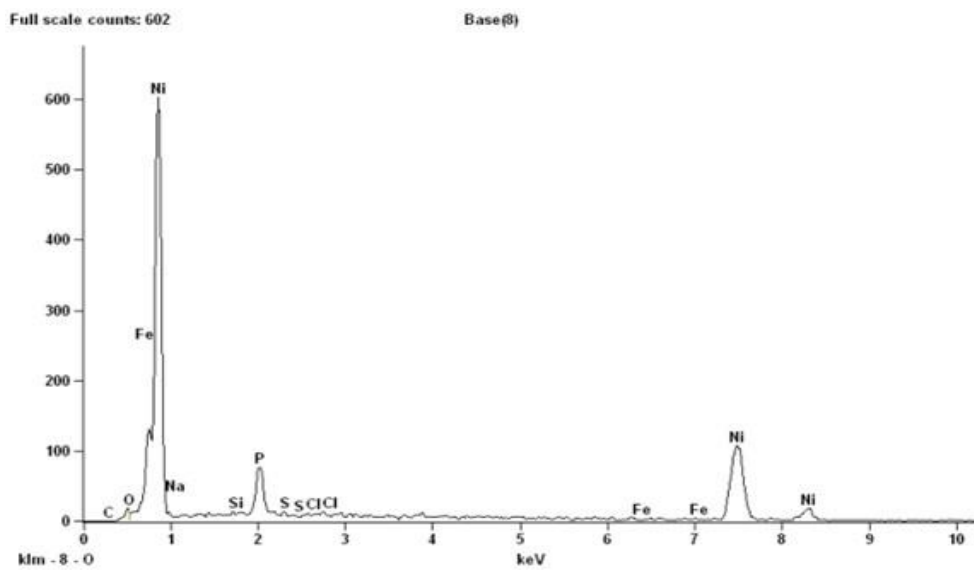


Figura 6. Amostra espectral por EDS dos elementos obtidos na amostra 1

Na Figura 7, para a amostra 2, observa-se um filme de Ni-P com aspecto mais homogêneo do que o filme da amostra 1, sem a formação de escamas, não há presença de fissuras e nem formação de precipitados, pontos escuros.

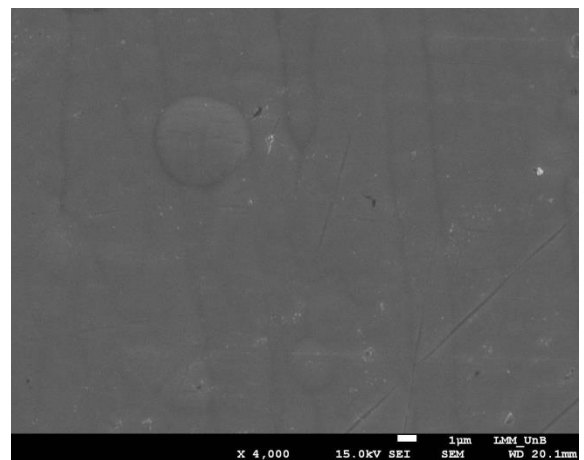
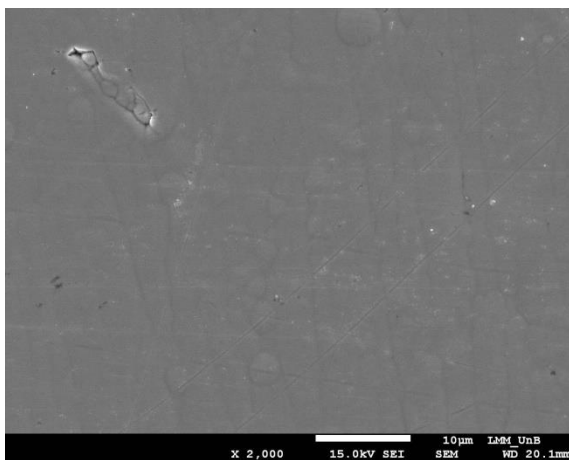


Figura 7. Caracterização superficial por MEV da amostra 2 revestida de Ni-P sem agitação.

Analisando a Tab. 6 e Fig. 8 é possível observar que para a amostra 2 também ocorreram picos de concentração de níquel (Ni) e fósforo (P), mas a concentração de níquel foi menor do que a da amostra 1, e a de fósforo foi consideravelmente maior, indicando que a agitação trouxe igualdade na distribuição dos componentes depositados. Também é possível verificar a pouca concentração de ferro.

Tabela 6. Elementos químicos obtidos por EDS para a amostra 2

Element Line	Net Counts	Weight %	Atom %	Composição	Compnd %
C K	0	0,00	0,00	C	0,00
O K	57	0,70	2,30	O	0,70
Na K	0	0,00	0,00	Na	0,00
Si K	0	0,00	0,00	Si	0,00
P K	1634	11,23	18,98	P	11,23
S K	15	0,10	0,16	S	0,10
Cl K	12	0,10	0,15	Cl	0,10
Fe K	42	1,06	0,99	Fe	1,06
Ni K	1732	86,81	77,42	Ni	86,81
Total		100,00	100,00		100,00

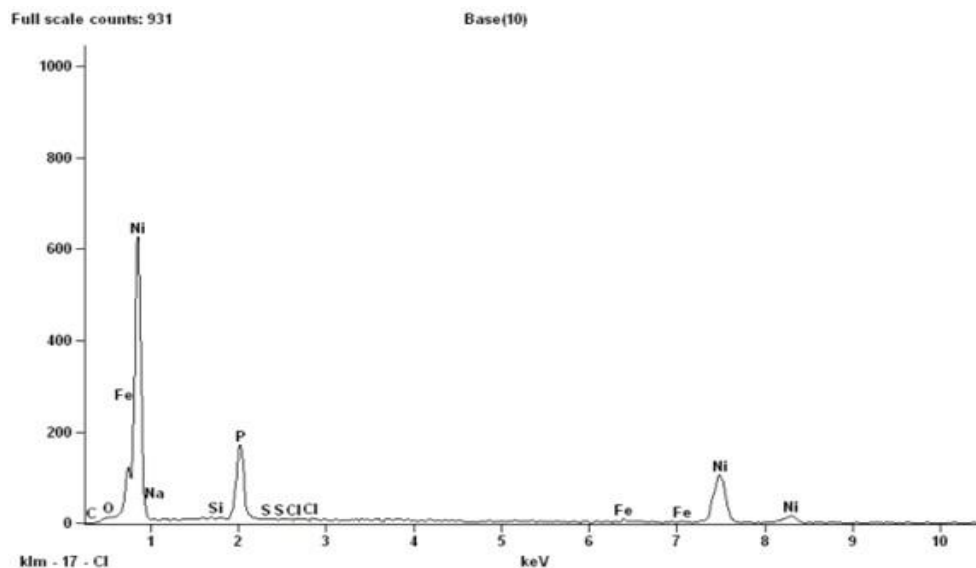


Figura 8. Amostra espectral por EDS dos elementos obtidos na amostra 2

4. CONCLUSÕES

Após obtenção dos resultados e devidas discussões, as seguintes conclusões podem ser relacionadas:

- O controle do processo de eletrodeposição de Ni-P apresenta algumas dificuldades a serem vencidas, como: controle mais “fino” da densidade de corrente utilizada, limpeza e ativação da superfície a ser revestida e insumos de melhor qualidade para composição da solução de Brenner, menos contaminantes;
- O processo de eletrodeposição de Ni-P mostrou-se adequado no revestimento de substratos de aço ABNT 1020;
- A amostra 1 de Ni-P sem agitação incorporou maior massa de material depositado;
- O filme de Ni-P aumentou a rugosidade média dos substratos de aço ABNT 1020;
- A amostra 2 de Ni-P com agitação apresentou menor rugosidade média do que a amostra 1 de Ni-P sem agitação;
- A textura superficial da amostra 2 de Ni-P com agitação mostrou-se mais homogênea do que a textura da amostra 1 de Ni-P sem agitação, sem a presença de escamas e vacâncias.

5. REFERÊNCIAS

- Brenner, A., 1984. "Electrodeposition of Alloys - Principles and Practice vol 1 e 2", Academic Press, New York".
- Cardoso, C., 2006. "Revestimento de Níquel Químico para Proteção Contra Corrosão", Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Universidade de São Paulo, pp.. 276.
- Fraga Malfatti, C., 2000. "Estudo das Propriedades de Revestimentos Compósitos de Níquel com Al₂O₃ e SiC", Dissertação, UFRGS, p. 118.
- Lay, D., 2019. "Solução de Problemas nas Instalações de Deposição de Níquel Brilhante - Estático: de Volta ao Básico!", Revista Tratamento de Superfície, Ed. 217, p. 24-28.
- Melo, R.L., 2009. "Eletrodeposição, Caracterização e Estudos de Corrosão de Camadas de Ni-Mo-P", Dissertação, UFC, p. 83.
- Yang-tao, X., Yu-jie, D., Wei, Z., Tian-dong, X., 2017. "Microstructure and Texture Evolution of Electrodeposited Coatings of Nickel in the Industrial Electrolyte", Surface & Coatings Technology", Vol. 330, p. 170-177.
- Yonezu, A., Niwa, M., Ye, J., Chen, X., 2013. "Contact Fracture Mechanism of Electroplated Ni-P Coating Upon Stainless Steel Substrate", Materials Science & Engineering A, Vol. 563, p. 184-192.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.