

# TECNOLOGIA DO PLASMA PARA TRATAMENTO DE EFLUENTE DE LABORATÓRIO DIDÁTICO

William Cruz Oliveira Andrade<sup>1</sup>

william.andrade2@fatec.sp.gov.br  
Fatec Sorocaba, Unesp Sorocaba

Nilson Cristino da Cruz

Fatec Sorocaba, Unesp Sorocaba

Silvia Pierre Irazusta

silvia.irazusta@fatec.sp.gov.br  
Unesp Sorocaba

## 1. Introdução

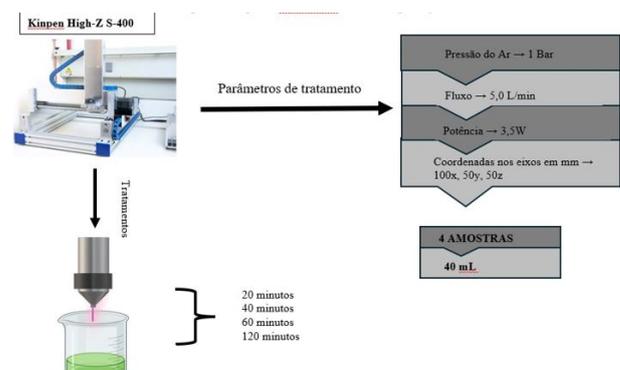
O Problema de emissões de poluentes aquosos por ações antrópicas é bem conhecida e debatida, sendo considerado, hoje, um problema global. Tendo esse problema como foco diversas tecnologias foram propostas, desde alternativas custosas como as tecnologias que utilizam membranas, até tecnologias tradicionais e menos custosas como a coagulação, floculação e tratamentos biológicos. Dentre essas tecnologias, uma que vem sendo explorada para o tratamento de efluente aquoso é a utilização do plasma, pois a sua capacidade de gerar espécies químicas oxidante pode ser útil para a finalidade desse trabalho, tratamento e reaproveitamento do efluente aquoso produzido nos laboratórios da Fatec Sorocaba.

## 2. Metodologia

O efluente foi coletado no laboratório de tecnologia e engenharia de superfície (LabTES), proveniente de ataques a superfícies utilizando água régia, passando por filtragem única em filtro de papel comum e submetido a ensaios qualitativos afim de se detectar íons específicos, para Ferro se adiciona uma gota de NaOH 6 Mol, para Cadmio foram colocadas duas gotas de NaOH 6 Mol e 2 gotas de glicerina e para o cromo foram adicionadas 4 gotas de NaOH 6 Mol e 2 gotas de peróxido de hidrogênio 30 volumes, além de ser aferido o PH. Primeiro o efluente foi submetido a um tratamento utilizando a tecnologia do plasma atmosférico frio do KinPen. Foram separadas quatro amostras de 40mL do efluente em quatro beckers de 250mL, onde cada um

desses passarão por tratamentos variando o tempo em 20, 40, 60, 120 minutos separadamente. As configurações usadas no KinPen foram pressão de 1 Bar, fluxo de 5,0L/min, potência de 2,5W e coordenadas nos eixos em mm de 100x, 50y e 50z. Como é mostrado na primeira imagem (Figura 01).

Figura 01 – Esquema da metodologia do KinPen.



Fonte: Autores, 2024.

Após os tratamentos utilizando o KinPen optou-se também precipitar o efluente utilizando 9,4g de NaOH em sal em 50mL do efluente solubilizando por meio de um agitador magnético. No precipitado foram realizados ensaios semi-qualitativo no microscópio eletrônico de varredura e na difração por raio-x.

Para o reaproveitamento do precipitado foi escolhida a tecnologia da oxidação eletrolítica por plasma (PEO), onde foi feito uma solução eletrolítica utilizando 2,5g/L do precipitado com 1g/L de KOH [1], cuja finalidade era servir de meio para conduzir o plasma até a superfície de um substrato metálico, o substrato selecionado foram barras de alumínio dos laboratórios de metalografia da Fatec. Para o ensaio do PEO foram separadas três barras de alumínio, 3L da

solução eletrolítica utilizando as concentrações indicadas acima, a fim de se realizar três ensaios, 5, 10 e 15 minutos.

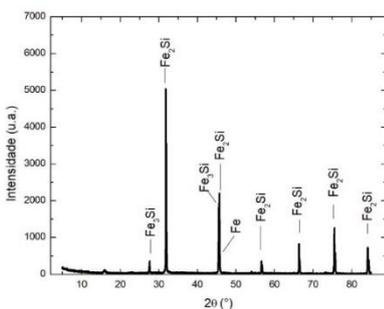
Após isso foram feitos ensaios no MEV das amostras de substrato de alumínio com e sem tratamento, tanto da superfície quanto em corte transversal na baquelite. Também foram realizados ensaios de microdureza no substrato.

### 3. Resultados e Discussões

Após a realização do tratamento a plasma atmosférico utilizando o KinPen, como descrito na metodologia com os tempos de 20, 40, 60 e 120 minutos, foram realizados testes qualitativos, também descritos na metodologia, com a finalidade de avaliar a possível eliminação dos metais do efluente, porém todos os resultados demonstraram que havia concentração de metal alta apesar do tratamento. Além disso, a ponta do KinPen oxidou em decorrência do tratamento, tendo em vista todos as inconsistências apresentadas, optou-se por uma nova abordagem metodológica para o tratamento do efluente. Sendo a proposta adotada a do método de precipitação alcalina, tendo em vista seu baixo custo e simplicidade.

Uma amostra do precipitado foi levada até o campus da Ufscar Sorocaba para realizar um ensaio qualitativo por DRX, cujo gráfico é representado na figura 02.

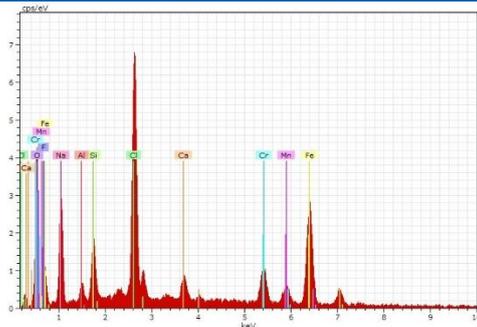
Figura 02 – Gráfico DRX precipitado.



Fonte: Autores, 2024.

Como a figura 02 evidenciou, o precipitado era formado principalmente por silicatos de ferro e ferro em sua forma pura, esse resultado foi posteriormente complementado pelo MEV, Figura 03.

Figura 03 – Gráfico MEV precipitado.



Fonte: Autores, 2024.

Após a precipitação foi decidido utilizar o precipitado como elemento dopante na solução eletrolítica do PEO, como descrito na metodologia. Após o tratamento utilizando o PEO foi realizado MEV/EDS nas amostras para certificar a viabilidade dessa nova metodologia. A tabela 01 apresenta os valores do EDS para a amostra antes de passar pelo tratamento do PEO. Tabela 01 – Tabela EDS da amostra antes do tratamento pelo PEO.

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Aluminium		13 K-series	126122	85,32386	85,10002	79,04744	3,96842
Oxygen		8 K-series	3009	11,70555	11,67484	18,28825	1,622321
Silicon		14 K-series	1627	2,738477	2,726306	2,432862	0,138309
Iron		26 K-series	114	0,457092	0,455893	0,204592	0,038326
Calcium		20 K-series	25	0,043056	0,042943	0,026854	0,001277
			Sum:	100,263	100	100	

Fonte: Autores, 2024.

A Tabela 02 mostra os resultados da amostra de 5 minutos, a Tabela 03 a amostra de 10 e a Tabela 04 a amostra de 15 minutos que evidenciaram um aumento da concentração de oxigênio na superfície, evidenciando a formação de um filme de óxido de alumínio.

Tabela 02 – Tabela EDS da amostra com 5min de tratamento do PEO.

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Aluminium		13 K-series	143621	72,28916	66,28268	53,99101	3,365994
Oxygen		8 K-series	17238	36,387	33,36362	45,83081	4,217986
Iron		26 K-series	74	0,190718	0,174872	0,068819	0,03056
Calcium		20 K-series	135	0,142455	0,130619	0,071629	0,029225
Silicon		14 K-series	53	0,052584	0,048215	0,03773	0,02718
			Sum:	109,0619	100	100	

Fonte: Autores, 2024.

Tabela 03 – Tabela EDS da amostra com 10min de tratamento do PEO.

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Aluminium		13 K-series	23096	76,89209	60,55483	47,19327	3,578728
Oxygen		8 K-series	3380	46,28099	36,44767	47,90315	6,245109
Carbon		6 K-series	51	3,464201	2,728162	4,776272	1,341321
Iron		26 K-series	18	0,253074	0,199303	0,075043	0,032378
Silicon		14 K-series	15	0,087982	0,069249	0,051848	0,028645
Calcium		20 K-series	0	0,001	0,000788	0,000413	9,66E-06
			Sum:	126,9793	100	100	

Fonte: Autores, 2024.

Tabela 04 – Tabela EDS da amostra com 15min de tratamento do PEO.

Element	AN	series	Net	[wt.%]	[norm. wt.%]	[norm. at.%]	Error in %
Aluminium		13 K-series	22157	80,67003	84,26393	76,17994	3,753334
Oxygen		8 K-series	756	14,91344	15,57785	23,75031	2,600862
Iron		26 K-series	7	0,149477	0,156137	0,068198	0,029358
Silicon		14 K-series	0	0,001	0,001045	0,000907	2,15E-05
Calcium		20 K-series	0	0,001	0,001045	0,000636	9,66E-06
			Sum:	95,73495	100	100	

Fonte: Autores, 2024.

Os ensaios de microdureza demonstraram um aumento da ductilidade do material, onde os resultados médios para os tempos de tratamento 00, 05, 10 e 15min foram respectivamente 45.38HV, 44.21HV, 40.61HV e 36.13HV.

#### 4. Conclusões

Podemos concluir que os tratamentos utilizando o plasma atmosférico do KinPen é ineficaz e danoso ao equipamento. Por conta disso houve a necessidade de se elaborar uma nova metodologia para tratar e recuperar o efluente, sendo a escolhida o método da precipitação alcalina e o reaproveitamento do precipitado

através da utilização dele como soluto tampão para a solução eletrolítica para o tratamento da superfície de uma amostra de alumínio. Essa nova metodologia se mostrou eficaz, sendo capaz de criar uma camada de alumina na superfície do alumínio maior do que a natural e aumentar a ductilidade do alumínio, permitindo que essa metodologia possa servir como corpo de prova para ensaios mecânicos.

#### Referências

[1] MORAES, Renan Fernandes. Estudo da fração areia da lama vermelha para a produção de revestimentos em liga de alumínio por oxidação eletrolítica assistida por plasma. Dissertação mestrado, universidade estadual paulista Júlio de Mesquita Filho, Ciência e Tecnologia de Materiais, 2019.

<sup>1</sup> Aluno William de IC com bolsa CNPq.