



Processos eletroquímicos: alternativas para o tratamento dos efluentes da indústria do látex na Amazônia Legal Brasileira

Julio Cesar Pinho Mattos^{1*}, Lisandro Juno Soares Vieira², Camilo Lélis de Gouveia³, Leandro Junior Baginski⁴

¹Professor do Centro Universitário Estácio Unimeta, Rio Branco, Acre, Brasil, ²Professor do Centro Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil, ³ Professor do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil,

⁴Servidor Público do Instituto de Análises Forenses do Estado do Acre, Rio Branco, Acre, Brasil.

*eng.juliomattos@gmail.com

Recebido em: 12/01/2021

Aceito em: 30/11/2021

Publicado em: 30/12/2021

RESUMO

Neste trabalho, foi estudada a aplicação das técnicas de eletrocoagulação e/eletroflotação (EC/EF) em efluentes brutos (EB) e tratados (EBF) por processos biológicos (lagoas de estabilização), oriundos dos processos industriais de beneficiamento do látex nativo, na fábrica Natex, localizada no município de Xapuri-AC. As amostras EB foram coletadas à montante da Estação de Tratamento de Efluentes Industriais da fábrica Natex, e as dos efluentes tratados (ET), à jusante. O objetivo deste trabalho foi avaliar as alternativas para tratamento e pós-tratamento de efluentes industriais gerados no beneficiamento do látex e na produção de preservativos através das técnicas eletroquímicas (EC/EF), observando a eficiência na remoção de poluentes através de variáveis físico-químicas, microbiológicas e metais pesados. Após passagem por uma célula eletroquímica, em escala de bancada, observando o tempo de detenção hidráulica total (TDH) e os intervalos de 30 minutos, aonde foram geradas novas amostras flotadas (EBF e ETF), com estabilidade nos resultados encontrados para as amostras EBF e ETF na remoção das variáveis: cor aparente, turbidez, ferro total, DQO, coliformes totais, nas amostras ETF, após aplicação das técnicas EC/EF. As análises EDS/EDX apontaram remoção de metais pesados nas amostras dos efluentes EBF e ETF.

Palavras-chave: Eletrofloculação. Eletroflotação. Eletrocoagulação, Látex Amazônia Legal Brasileira.

Electrochemical processes: alternatives for the wastewater of the latex industry in the Brazilian Legal Amazon

ABSTRACT

In this work, the electrocoagulation / electroflotation (EC / EF) techniques were investigated in biological effluents (EB) and treated (EBF) by biological processes (stabilization ponds), from the industrial processes of native latex processing, at the NATEX plant, located in the municipality of Xapuri-AC. The EB samples were collected upstream of the Natex plant's Industrial Effluent Treatment Station and the ET, downstream of this treatment system. The objective of this study was to evaluate the alternatives for treatment and post-treatment of industrial wastewater generated in the latex processing and in the production of condoms using electrochemical techniques (EC / EF), observing the efficiency of removal of pollutants through physico-chemical variables, microbiological and heavy metals. After passing through an electrochemical cell, in the bench scale, observing the total TDH and the intervals of 30 minutes, new floated samples (EBF and ETF) were generated. The stability of the results found for the EBF and ETF samples and the removal of the variables: apparent color, turbidity, total iron, COD, total coliforms in the ETF samples, after application of EC / EF techniques. The EDS / EDX analyzes indicated the removal of heavy metals in the EBF and ETF wastewater.

Keywords: Electroflocculation. Electropropelation. Electrocoagulation. Latex. Brazilian Legal Amazon.

INTRODUÇÃO

Em um mundo líquido, caracterizado pelo consumo desenfreado, para atender as demandas e expectativas da população mundial, é necessário produzir diariamente quantidades significativas de resíduos sólidos e efluentes industriais nos distritos industriais e nas grandes e médias cidades. Quando eficazes, a operação das unidades de tratamento de efluentes industriais do ramo do látex auxilia na resolução de problemas econômicos relacionados com o controle da poluição ambiental, a qualidade das águas, a economia local e regional, a competitividade industrial e, geralmente, integram a gestão ambiental da empresa.

Diante das formas tradicionais de tratamento de efluentes industriais, a eletrofloculação surge como uma técnica inovadora para auxiliar na conservação e preservação dos recursos hídricos e dos solos. Tal processo inicia-se com a passagem de corrente elétrica através de uma célula eletrolítica, originando dois processos distintos: eletrocoagulação (EC) e eletroflotação (EF). A associação desses processos EC/EF, também denominado eletrofloculação, ocorre através da aplicação de corrente elétrica para tratar e flocular contaminantes sem ter que adicionar coagulantes.

Em soluções aquosas utilizando um eletrodo de alumínio ou outros materiais, as técnicas EC, EF e EC/EF constituem-se em variações dos processos eletrolíticos investigados por diversos autores (CHEN 2004; CRESPILO et al., 2004; MODIRSHAHLA et al., 2008; ROMERO, 2009; SILVA et al., 2017; ZHU; XU, 2004).

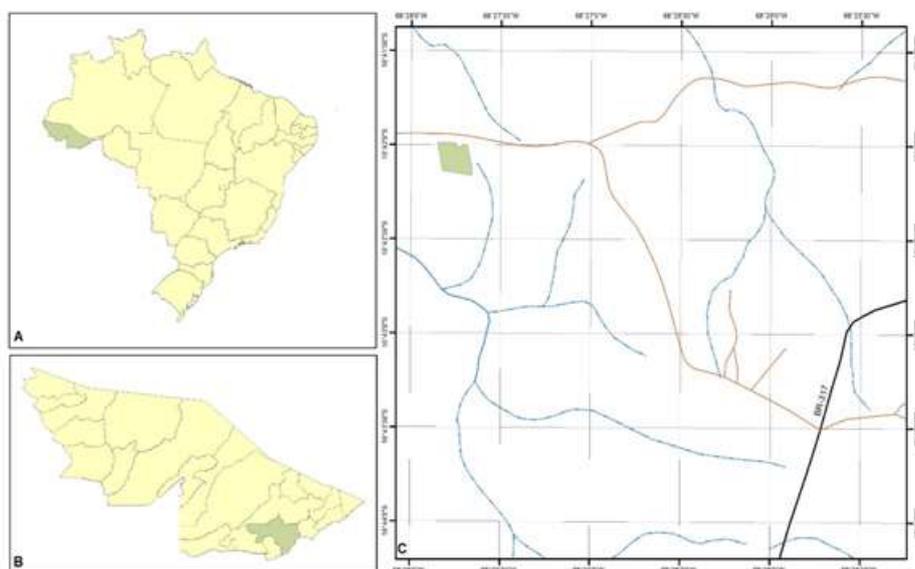
O tratamento eletroquímico mostra-se como uma técnica inovadora, por ser bastante eficiente e limpo, podendo ser aplicado como uma alternativa atrativa para o tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos, via eletroxidação na superfície do ânodo (CERQUEIRA, 2006; MARTÍNEZ-HUITLE; FERRO, 2006; MARTÍNEZ-HUITLE; BRILLAS, 2009; MOURA, 2014). Algumas de suas vantagens são: relativa disponibilidade de energia elétrica, condições energéticas reacionais reduzidas (processo a frio), sistemas altamente reprodutíveis e facilmente controláveis permitindo a automação, e facilidade de montagem de plantas relativamente compactas (CERQUEIRA et al., 2011). Este método corresponde à transferência das águas residuárias para uma nova fase tecnológica. Alguns pesquisadores também informam que a EC/EF é um processo eletroquímico de tratamento de efluentes diferenciado, em que um reator eletroquímico é o centro das reações de coagulação (NASCIMENTO et al., 2014; CRESPILO et al., 2004, 2004).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o sistema de tratamento existente e as alternativas para tratamento e pós-tratamento de efluentes industriais gerados no beneficiamento do látex e na produção de preservativos através das técnicas eletroquímicas (EC/EF), observando a eficiência na remoção de poluentes através de variáveis físico-químicas, microbiológicas e metais pesados.

METODOLOGIA

A área de estudo foi o atual sistema de tratamento de efluentes por lagoas de estabilização da indústria Natex, localizada no município de Xapuri-AC, na Amazônia Sul-Occidental Brasileira (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de coleta das amostras EB e ET



Autoria própria, 2020

Nota: Base cartográfica do Zoneamento Econômico Ecológico do Acre.

Amostras e coletas

As amostras estudadas dos fluidos, placas de alumínio e lodos foram identificadas como: EB (efluente bruto), ET (efluente tratado por sistema de lagoas de estabilização), EBF (efluente bruto submetido ao pós-tratamento eletroquímico EC/EF) e ETF (efluente tratado submetido ao pós-tratamento eletroquímico EC/EF).

Os efluentes EB e ET foram coletados *in situ*, com frequência mensal, no intervalo de janeiro a dezembro de 2016. As amostras EB foram coletadas à montante do sistema de tratamento de efluentes industriais com concepção em lagoas de

estabilização da fábrica Natex, enquanto as amostras ET foram coletadas à jusante do mesmo sistema de tratamento.

Para cada amostra foram coletados 30 litros de EB e ET *in situ* para a realização dos ensaios das técnicas EC/EF no laboratório de Hidráulica e Saneamento da Universidade Federal do Acre - UFAC. As amostras EBF e ETF foram observadas através das variáveis: voltagem, resistividade, intensidade faradaica da corrente elétrica, pH, TDS, condutividade elétrica, cor aparente, turbidez, oxigênio dissolvido, ferro total, e temperaturas do ar e do fluido, em intervalos de 30 minutos até completar o tempo de detenção hidráulica (TDH). Após os ensaios de EC/EF na célula eletroquímica, as amostras EBF e ETF foram coletadas depois de completado um tempo de detenção hidráulica (TDH) de 120 minutos de execução dos processos EC/EF. Todo o experimento foi realizado em escala de bancada.

A conservação das amostras dos efluentes EB, EBF, ET e ETF foi realizada em observância às técnicas de coleta e preservação de amostras apresentadas por Macêdo (2005).

As amostras das placas de alumínio, antes e após os ensaios eletroquímicos, foram realizadas em triplicatas com uma área de aproximadamente 6 cm², para cada amostra, durante os dozes meses do experimento, totalizando 144 amostras.

As amostras dos lodos foram extraídas com bastão de vidro, após descarte dos efluentes EBF e ETF; posteriormente, foram submetidas às técnicas EC/EF durante 2 horas, lançadas em cadinhos de porcelana de 50 mL, e colocados por 30 dias em um dessecador de vidro com tampa luva, durante os doze meses do experimento, totalizando 24 amostras.

Célula eletroquímica

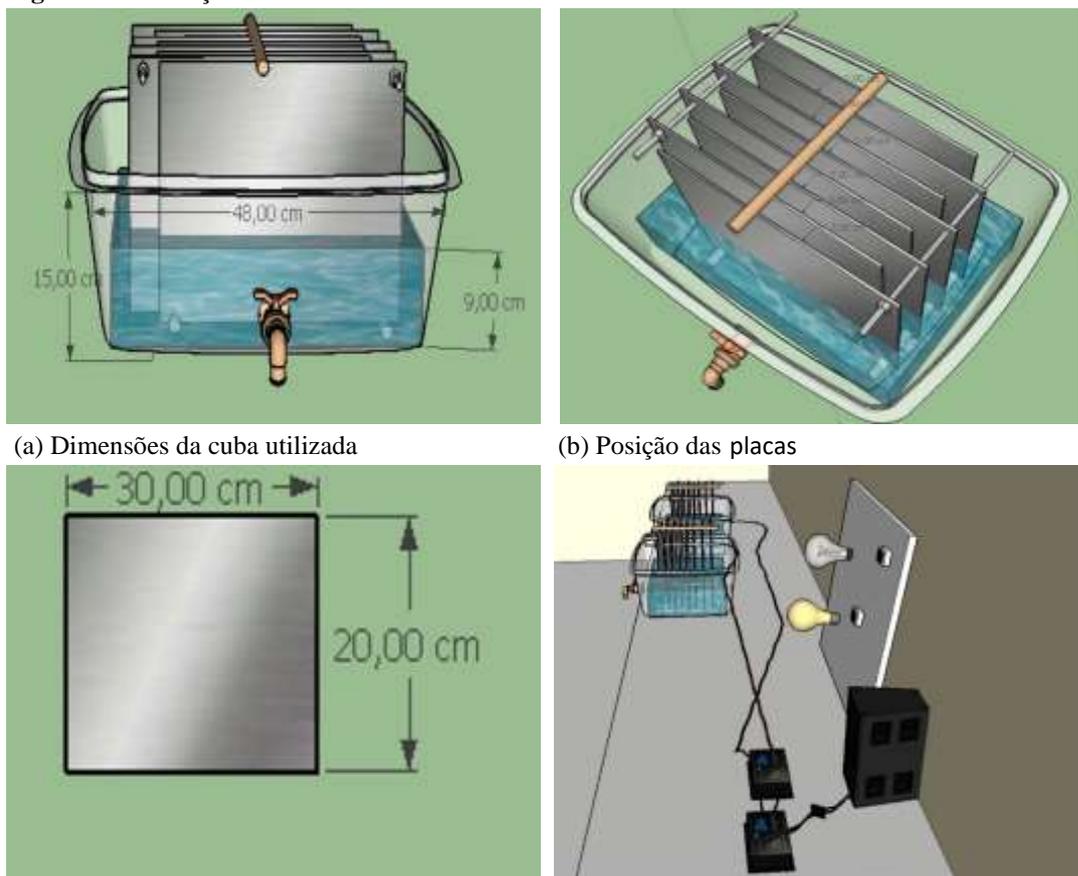
Foram construídas duas células eletroquímicas (eletrolíticas), conforme Figura 2, para a realização dos ensaios aplicando-se as técnicas EC/EF em escala de bancada, com capacidade de armazenamento de 10 litros dos efluentes EB e ET em cada célula, alojando-se em seu interior oito placas de alumínio com área de 600 cm², que foram espaçadas a cada 3 cm, conforme proposta de espaçamento aplicada nos estudos realizados por Romero (2009).

Estas placas de alumínio foram implantadas com arranjo perpendicular ao fluxo, separadas por 3 cm de distância entre si com a finalidade de minimizar a queda ôhmica,

e fixadas em tubos de PVC DN 20 mm contendo ranhuras para agregar as placas. O espaçamento adotado atende aos intervalos observados por Daneshvar et al., (2006) e Romero, (2009).

A corrente elétrica nas células, oriunda de uma fonte CC estabilizada, foi alimentada por meio de duas barras de ferro que sustentavam e fixavam as placas de alumínio, funcionando como polos positivo e negativo; a voltagem e a intensidade da corrente elétrica foram observadas por intermédio de 2 multímetros da marca KITEC.

Figura 2 – Ilustração das células eletrolíticas



(a) Dimensões da cuba utilizada

(b) Posição das placas

(c) Dimensões da placa de alumínio

(d) Sistema elétrico para energizar as placas

Fonte: Autoria própria.

Análises e variáveis

As variáveis físico-químicas e microbiológicas avaliadas para as amostras dos efluentes industriais EB-EBF e ET-ETF após os ensaios eletroquímicos (EC/EF) foram: pH, demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20^{\circ}C}$), demanda química de oxigênio (DQO), oxigênio dissolvido (OD), sólidos sedimentáveis (SD), cor aparente, turbidez, nitrato, nitrito, sulfatos, sulfetos, ferro total, cloro total, coliformes totais e coliformes

termotolerantes. A maior parte das análises físico-químicas das águas e 100% das microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Físico-Química da Unidade Tecnológica de Alimentos – UTAL; as variáveis sulfatos, sulfetos, nitrato e nitritos foram analisadas no laboratório da Fundação de Tecnologia do Acre (FUNTAC). Os métodos analíticos empregados foram recomendados por Macêdo (2005) e pelo *Standard Methods* 20.^a edição (APHA, 1998).

Durante os ensaios de bancada, foram observadas *in situ*, em intervalos de 30 minutos, durante duas horas, as variáveis físico-químicas e eletrotécnicas: voltagem, intensidade de corrente elétrica, condutividade elétrica, sólidos sedimentáveis, turbidez, pH, TDS, oxigênio dissolvido e temperatura do fluido. As análises dos efluentes foram realizadas com sonda multiparâmetros da *Hanna Instruments*, Modelo 9828 HI.

Também se realizaram análises das amostras EB, EBF, ET, ETF, placas, lodos e escumas através de indução da emissão de raios X de energias características dos elementos químicos presentes, permitindo, dessa forma, a identificação qualitativa destes elementos e a suas concentrações nas amostras através do equipamento Espectrômetro de Fluorescência de Raios X, marca *Shimadzu*, modelo EDX-720 do Departamento de Polícia Técnico-Científica do Estado do Acre.

Análise estatística

Para a caracterização físico-química e microbiológica, as amostras dos efluentes foram submetidas ao teste de normalidade para verificar quais testes estatísticos seriam adotados. Das 13 variáveis analisadas, somente uma passou no teste de normalidade de *Anderson-Darling*, e por isso, adotou-se a estatística não paramétrica para todas as variáveis, no intuito de padronizar a metodologia de análise, uma vez que apenas um número ínfimo de variáveis estava apto ao teste paramétrico.

A análise exploratória foi realizada mediante o cálculo da mediana como medida de tendência central, seguida da amplitude interquartilica como medida de variabilidade, e de análise gráfica com aplicação de *box-plot* para comparar os resultados entre EB (efluente bruto) e EBF (efluente bruto eletroflotado), e ET (efluente tratado) e ETF (efluente tratado eletroflotado).

Tanto para as amostras de efluentes como para as placas metálicas, medianas de cada variável foram comparadas aos pares entre EB e EBF, ET e ETF, através do teste de *Mann-Whitney*, com significância de 5%.

Todas as métricas aqui apresentadas foram calculadas com auxílio do programa computacional Minitab, versão 17.0, e do *Paleontological Statistics (Past)*, versão 3.14.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-química e microbiológica

Os resultados iniciais apontam para uma eficiência da aplicação da técnica de eletrofloculação, uma vez que 61% das variáveis analisadas apresentaram redução no tratamento EBF, e 77% no tratamento ETF (Tabela 1). As variáveis pH, DQO, DBO, cor aparente e turbidez mantiveram-se menores no tratamento EB. Para o tratamento ET, foram mantidas as variáveis pH e DBO com menor concentração, e quando submetidas à técnica de eletrofloculação, tiveram seus valores aumentados. Analisando a variabilidade dos dados, nota-se a predominância de valores elevados de amplitude interquartilica nas amostras submetidas à técnica de eletrofloculação (Tabela 1). As amostras de EBF apresentaram resultados mais homogêneos para as variáveis pH, DQO, coliformes termotolerantes e cor aparente, ao passo que nas amostras de ETF, os resultados com maior estabilidade foram o pH e o DBO.

Tabela 1 - Mediana e amplitude interquartilica para as variáveis analisadas de amostras provenientes de uma indústria de látex em Xapuri-AC, 2016

VARIÁVEIS	MEDIANA				AMPLITUDE INTERQUILITICA			
	EB	EBF	ET	ETF	EB	EBF	ET	ETF
	4,97	5,98	7,52	8,43	1,04	1,73	0,56	0,61
Demanda química de oxigênio	1,1	1,4	9,0	2,5	1,51	25,6	49,9	14,5
Demanda bioquímica de oxigênio	0,0	1788	112	599	2829	2680	1045	1491
Oxigênio dissolvido	2,0	0,8	2,0	1,0	800	46,4	191	84
Óleos e graxas	13,9	1,8	0,0	9,1	32,53	3,9	35,0	20,0
Cor aparente	5,5	281,0	550,0	56,0	544,5	544,5	544,5	117,8
Turbidez	0,4	10,0	7,13	3,8	211,7	43,6	79,7	12,9
Nitrato	0,80	0,70	0,80	0,55	4,88	3,99	4,99	1,08
Nitrito	4,0	2,3	3,0	1,8	5,7	4,8	4,5	3,9
Ferro total	1,6	1,5	1,8	1,0	4,3	1,9	3,1	1,2
Cloro total	1,57	0,46	1,14	0,10	0,51	0,27	0,52	0,04
Coliformes totais	550	356	1600	93	1050	384	1995	127
Coliformes termotolerantes	150,0	57,0	142	9,3	163,8	176,9	917	20,5

Teste para comparação dos tratamentos. EB = Efluente bruto, EBF = Efluente bruto eletroflotado, ET = Efluente tratado, ETF = efluente tratado eletroflotado

EB vs EBF

O teste de *Mann-Whitney* confirmou a diferença para as variáveis coliforme total

e cloro total (Tabela 2), indicando que há evidências estatisticamente significativas para aceitar que a técnica de eletrofloculação é eficiente na redução de coliforme total e cloro total.

Tabela 2 - Teste de *Mann-Whitney* aplicado às amostras de EB e EBF, para as variáveis analisadas de amostras provenientes de uma indústria de látex em Xapuri-AC, 2016

PARÂMETRO	H	VALOR P
	31,5	0,076
Demanda química de oxigênio	22,5	0,635
Demanda bioquímica de oxigênio	37	0,927
Oxigênio dissolvido	50	0,589
Óleos e graxas	14	0,120
Cor aparente	53	0,725
Turbidez	50	0,803
Nitrato	33,5	0,360
Nitrito	33	0,348
Ferro total	37,5	0,566
Cloro total	0	0,050*
Coliformes totais	25,5	0,028*
Coliformes termotolerantes	33	0,095

*distribuições com diferenças significativas a 5%.

ET vs ETF

O teste *Mann-Whitney* apresentou fortes evidências para a existência de diferenças estatisticamente significativas para o pH, coliformes totais, coliformes termotolerantes, cor aparente e cloro total (Tabela 3). Nestas variáveis, houve redução em suas concentrações após a aplicação da técnica de eletrofloculação, exceto para o pH.

Tabela 3. Teste de *Mann-Whitney* aplicado às amostras de ET e ETF para as variáveis analisadas de amostras provenientes de uma indústria de látex em Xapuri-AC, 2016

PARÂMETRO	H	VALOR P
	34	0,001*
Demanda química de oxigênio	43	0,316
Demanda bioquímica de oxigênio	81	0,958
Oxigênio dissolvido	91	0,425
Óleos e graxas	57,5	0,973
Cor aparente	46,5	0,050*
Turbidez	63,5	0,293
Nitrato	27,5	0,091
Nitrito	39,5	0,449
Ferro total	28	0,102
Cloro total	0	0,030*
Coliformes totais	51	0,013*

Coliformes termotolerantes	40,5	0,004*
----------------------------	------	--------

*distribuições com diferenças significativas

Análises EDS/EDX

Placas

O teste *Mann-Whitney* revelou diferença significativa entre os tratamentos EB e EBF para as variáveis alumínio, ferro, zinco e fósforo (Tabela 4); verificou-se que houve uma redução na concentração de alumínio e fósforo após a aplicação das técnicas eletroquímicas, e menos eficiência nos parâmetros zinco e ferro. Também foram obtidas reduções significativas após a análise comparativa entre ET-ETF, exceto para a variável fósforo, que registrou concentração levemente superior após a aplicação da técnica.

Tabela 4 - Teste de *Mann-Whitney* para os parâmetros alumínio e ferro, submetidos aos tratamentos EB, EBF, ET e ETF, em amostras provenientes de efluentes de uma indústria de látex em Xapuri-AC, 2016

Parâmetro	EB-EBF		ET-ETF	
	Valor M-W	Valor <i>p</i>	Valor M-W	Valor <i>p</i>
Alumínio	104	0,000	48	0,000
Ferro	123	0,000	39,5	0,000
Zinco	227,3	0,004	67	0,000
Fósforo	236	0,001	67	0,000

Escumas

O teste de hipótese aplicado às amostras das escumas resultantes dos ensaios eletroquímicos EB-EBF e ET-ETF indicaram não haver diferença significativa da técnica na remoção das variáveis para as variáveis alumínio, ferro, zinco e fósforo, que compõem essas amostras (Tabela 5).

Tabela 5 - Teste de *Mann-Whitney* comparando amostras de EBF-ETF de espuma de uma fábrica de látex em Xapuri-AC, 2016

Parâmetro	Valor M-W	Valor <i>p</i>
Alumínio	28	0,0750
Ferro	31	0,097
Zinco	23	0,397
Silica	29	0,835
Fósforo	31	0,999

Sedimentos

O teste *Mann-Whitney* revelou que somente o alumínio apresentou diferença

significativa, confirmando a eficiência da técnica para redução deste elemento nos sedimentos (Tabela 6).

Tabela 6 - Teste de *Mann-Whitney* comparando amostras de EBF-ETF de espuma de uma fábrica de látex em Xapuri-AC, 2016

Parâmetro	Valor M-W	Valor <i>p</i>
Alumínio	0	0,030
Enxofre	3	0,193
Cálcio	7	0,885
Manganês	3	0,193

Efluentes

A Tabela 7 apresenta os resultados do teste *Mann-Whitney* das amostras EB-EBF e ET-ETF, de efluentes de uma fábrica de látex em Xapuri – AC.

Tabela 7. Teste de *Mann-Whitney* comparando amostras de EB-EBF e ET-ETF, de efluentes de uma fábrica de látex em Xapuri-AC, 2016

Parâmetro	<i>EB-EBF</i>		<i>ET-ETF</i>	
	Valor M-W	Valor <i>p</i>	Valor M-W	Valor <i>p</i>
Água	78,5	0,39	125	0,502
Enxofre	90	0,674	138	0,69
Ferro	90	0,427	143	0,99
Potássio	82	0,432	120	0,099

Ao analisar os resultados das amostras dos efluentes (EB, EBF e ET, ETF), foi possível verificar que em todos os tratamentos aplicados não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos existentes e após a aplicação das técnicas eletroquímicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa indicou que as técnicas eletroquímicas aplicadas às amostras dos efluentes brutos e tratadas (EBF e ETF), apresentaram resultados homogêneos para as variáveis: pH, DQO, cor aparente e coliformes termotolerantes, quando comparadas com as amostras EB e ET, indicando ganhos na gestão ambiental.

O desprendimento do elemento químico alumínio, durante os processos eletroquímicos, contribuiu para a elevação da variável pH durante o tempo de detenção hidráulica do experimento e para a elevação das concentrações nos sedimentos resultantes.

Os eletrodos de alumínio também apresentaram-se satisfatórios na aplicação das técnicas, somando-se como alternativa aos experimentos propostos por Crespilho e Resende (2004), com eletrodos de ferro para o tratamento de efluentes originados no beneficiamento do látex.

Em virtude do maior percentual de redução das variáveis físico-químicas e microbiológicas nas amostras dos efluentes ETF, os processos eletrolíticos podem ser uma alternativa para o pós-tratamento dos efluentes industriais resultantes do beneficiamento do látex.

Recomenda-se a implantação de uma unidade experimental, em escala natural, de fluxo contínuo, com aproveitamento da energia solar na área de tratamento de efluentes industriais para continuidade dos estudos, aplicando-se outras densidades de corrente elétricas e utilizando-se outros materiais nos eletrodos.

Esta pesquisa contribuiu para os estudos e aplicação das técnicas eletroquímicas para o tratamento e pós-tratamento dos efluentes das indústrias de beneficiamento do látex no bioma amazônico.

REFERÊNCIAS

CERQUEIRA, A. A.; MARQUES, M. R. da C.; RUSSO, C. Avaliação do processo eletrolítico em corrente alternada no tratamento de água de produção. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 59–63, 2011.

CERQUEIRA, A. A. **Aplicação da técnica de eletrofloculação no tratamento de efluentes têxteis**. 2006. 111 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CHEN, G. Electrochemical technologies in wastewater treatment. **Separation and Purification Technology**, v. 38, n. 1, p. 11–41, 2004.

CRESPILHO, F. N., REZENDE, M. O. O. **Eletroflotação - Princípios e Aplicações**. São Carlos-SP: Editora Rima, 2004.

CRESPILHO, F. N.; SANTANA, C., G.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de Efluentes da Indústria de Processamento de Coco Utilizando Eletroflotação. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 387–392, 2004a.

MACÊDO, J. A. B. **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas**. 3. ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química de Belo Horizonte-MG, 2005.

MODIRSHAHLA, N. ; BEHNAJADY, M. A. ; MOHAMMADI-AGHDAM, S. Investigation of the effect of different electrodes and their connections on the removal efficiency of 4-nitrophenol from aqueous solution by electrocoagulation. **Journal of Hazardous Materials**, v. 154, n. 1–3, p. 778–786, 2008.

MOURA, D. C. **Aplicação de Tecnologias Eletroquímicas (oxidação via radicais hidroxila, oxidação mediada via cloro ativo e eletrocoagulação) para o tratamento de efluentes reais ou sintéticos**. 2014, 120 f. Tese. (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

DANESHVAR, N.; OLADEGARAGOZEB, A.; DJAFARZADEH, N. Decolorization of basic dye

solutions by electrocoagulation: An investigation of the effect of operational parameters. **Journal of Hazardous Materials**, v. 129, n. 1–3, p. 116–122, 2006.

NASCIMENTO, I. L.; GOBBI, L. C. A.; PORTO, P. S. S.; ROCHA, S. M. S. Eletrofloculação Em Efluentesoleosos Utilizando Eletrodos De Alumínio. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v. 1, p. 8–11, 2014.

ROMERO, J. A. P. **Eletroflotação Aplicada ao Tratamento de Esgoto Sanitário.**, 2009. 144 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SILVA, A. A. R.; CAMARA, C. A. P.; LOBO, I.; SCARMÍNIO, I. S.; ALVES, J. C. Optimization of electrocoagulation operating parameters applied to the recovery vehicle washing wastewater. **Revista Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 179-186, 2017.

ZHU, X.; XU, X. Treatment of refractory oily wastewater by electro-coagulation process. **Chemosphere**, v. 56, n. 10, p. 889–894, 2004.