

Tratamento do efluente do biodiesel utilizando técnica de eletrofloculação com diferentes eletrodos**Treatment of biodiesel effluent using electro-flocculation technique with different electrodes**

Recebimento dos originais: 11/06/2018

Aceitação para publicação: 30/06/2018

Lucas Aparecido Bittencourt

Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste
Endereço: Rua são João Maria de Agostinho, 74 – Primavera III, Jaguariaíva-PR, Brasil
E-mail: lucasbint@hotmail.com

Ariane Aparecida de Lima

Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste
Endereço: Rua são João Maria de Agostinho, 74 – Primavera III, Jaguariaíva-PR, Brasil
E-mail: arianylyma@hotmail.com

Claudia Schlindwein

Mestre em Bioenergia pela Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste
Endereço: Rua Simeão Valera de Sá, 03 – Vila Carli, Guarapuava –PR, Brasil
E-mail: claudia_schlindwein@hotmail.com

Everson Do Prado Banczek

Doutor em Ciências pelo Instituto de pesquisa Energético e Nuclear, IPEN
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste
Endereço: Rua Simeão Valera de Sá, 03 – Vila Carli, Guarapuava –PR, Brasil
E-mail: edopradowbanczek@yahoo.com.br

Cynthia Beatriz Furstenberger

Doutora em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho,
UNESP
Instituição: Universidade Estadual do Centro-Oeste
Endereço: Rua Simeão Valera de Sá, 03 – Vila Carli, Guarapuava –PR, Brasil
E-mail: cbfurst@gmail.com

RESUMO

O biodiesel depois de produzido necessita ainda ser purificado, para garantir a qualidade exigida pela Agência Nacional do Petróleo, Biocombustíveis e Gás Natural. Para cada litro de biodiesel produzido, gera-se cerca de três litros de efluente. Dentre os tratamentos existentes para este efluente a técnica

de eletrofloculação se destaca devido a sua eficácia durante o processo de tratamento. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre o processo de eletrofloculação, utilizando diferentes eletrodos metálicos para emprego em célula de eletrofloculação. Para tal, em um reator de eletrofloculação aplicou-se tensões de 1, 2, 3 e 4 Volts e os tempos de 15, 30, 45 e 60 minutos, nos eletrodos de alumínio, aço carbono, aço carbono galvanizado e estanho. Os resultados foram escolhidos com base na diferença de massa. Após a eletrólise realizou-se análises DQO e sólidos totais, e a correção do pH foi realizada utilizando as técnicas de filtragem com filtro de papel e carvão ativo. A melhor tensão foi de 3 volts para eletrodos de Alumínio e Aço Carbono, e 4 Volts para eletrodos de Aço Carbono Galvanizado e Estanho, e o tempo ideal foi de 45 minutos para cada eletrodo. Utilizando filtro de carvão ativo o pH dos eletrodos de Al e Aço C. G. se enquadraram na resolução do CONAMA nº 430/2011. Os sólidos totais dos eletrodos de Al tiveram 35% de remoção, quando o efluente foi filtrado com filtro de carvão ativo, já o eletrodo de Aço C. G teve a melhor eficiência na remoção de DQO superior a 55%, utilizando filtro de carvão ativo. Conclui-se que o eletrodo de Al é ideal quando se pretende reduzir os sólidos totais e o eletrodo de Aço C.G é ideal para situações onde busca reduzir-se a DQO.

Palavras-chave: Biocombustível; Água; Eletrólise.

ABSTRACT

Biodiesel, once produced, still needs to be purified to ensure the quality required by the National Agency for Petroleum, Biofuels and Natural Gas. For each liter of biodiesel produced, about three liters of effluent is generated. Among the existing treatments for this effluent, the technique of electroflocculation stands out due to its effectiveness during the treatment process. The objective of this work is to carry out a study on the process of electroflocculation, using different metallic electrodes for use in electroflocculation cell. For such, in an electroflocculation reactor, voltages of 1, 2, 3 and 4 Volts were applied and the times of 15, 30, 45 and 60 minutes were applied to the electrodes of aluminum, carbon steel, galvanized carbon steel and tin. The results were chosen based on the mass difference. After the electrolysis, COD and total solids analyzes were performed, and pH correction was performed using filtering techniques with paper filter and active carbon. The best voltage was 3 volts for Aluminum and Carbon Steel electrodes, and 4 Volts for Galvanized Carbon and Tin Steel electrodes, and the ideal time was 45 minutes for each electrode. Using an active carbon filter, the pH of the electrodes of Al and C. Steel corresponded to the resolution of CONAMA nº 430/2011. The total solids of the Al electrodes had a 35% removal, when the effluent was filtered with active carbon filter, whereas the C. G electrode had the best COD removal efficiency higher than 55% using active carbon filter. It is concluded that the Al electrode is ideal when it is intended to reduce the total solids and the C.G Steel electrode is ideal for situations where it seeks to reduce to COD.

Keywords: Biofuel; Water; Electrolysis.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, a preocupação com o esgotamento de recursos não-renováveis promove a busca por fontes alternativas de energia, neste sentido o biodiesel é um dos biocombustíveis que vem sendo implantado na matriz energética de diversos países. A reação de transesterificação é uma das principais rotas de conversão de óleos vegetais e gorduras em biodiesel, pois através desta rota se torna possível aproximar os óleos vegetais aos parâmetros do diesel mineral (MENESES, 2012).

Apesar de ser um recurso renovável a produção do biodiesel ainda necessita ser otimizada. Antes de estar pronto para consumo, o biodiesel deve ser purificado, e esta etapa merece grande atenção, pois é ela que garante a qualidade exigida pela Agência Nacional do Petróleo, Biocombustíveis e Gás Natural.

Devido o aumento da produção de biodiesel houve também aumento da produção de efluente (água de lavagem). De Boni et al. (2008) verificaram que são necessários no mínimo 3 L de água para cada litro de biodiesel produzido, sendo assim surge a preocupação para tratamento deste efluente, que tem um alto teor de óleo e graxas, excesso de catalisador, álcool, sais, óleo, sabão (formado durante a reação) e glicerol, de forma a enquadrar este resíduo dentro dos padrões de lançamento de efluentes presentes na resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Nº 430, de 13 de maio de 2011. De acordo com o artigo 3º os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores, após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis. Para tratamento deste efluente a técnica utilizando reatores eletroquímicos denominada de eletrofloculação, eletroflotação ou eletrocoagulação mostra resultados bastante promissores (BRITO, FERREIRA e SILVA 2012).

Melhorar a taxa de remoção de DQO é um dos padrões que o efluente deve alcançar antes de ser descartado ou até mesmo reutilizado. Palomino-Romero (2012) aplicando o processo de eletrofloculação obteve média de 90% de remoção de DQO. Meneses (2012) aplicando a mesma técnica removeu 99,23% dos óleos e graxas presentes no efluente bruto, mostrando-se uma técnica bastante eficiente para remoção de óleos e graxas.

Este trabalho tem por objetivo realizar um estudo sobre o processo de eletrofloculação, utilizando diferentes eletrodos metálicos para emprego em célula de eletrofloculação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos realizados neste trabalho foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa em Eletroquímica – GPEL, campus do Cedeteg- Universidade Estadual do Centro - oeste.

2.1. Obtenção do efluente

O efluente foi gerado durante a etapa de purificação do biodiesel, produzido pelo processo de transesterificação alcalina do óleo de soja degomado em escala laboratorial. Após a separação da glicerina o biodiesel, foi submetido ao processo de lavagem, a fim de purificar os ésteres presentes, removendo resíduos de sabões, ácidos graxos, glicerina e outras impurezas (MEDEIROS, 2008).

A lavagem do biodiesel foi realizada 3 vezes, para garantir a limpeza do biodiesel. Assim gerando 840 ml de água de lavagem. De acordo com Geris, (2007) e Brito, Ferreira; Silva (2012), a primeira lavagem se faz com uma solução aquosa de ácido clorídrico a 0,5% (v/v) para neutralizar o excesso de catalisador, para a segunda lavagem utiliza-se uma solução saturada de cloreto de sódio para evitar emulsão durante a lavagem, e na terceira etapa se faz com água destilada retirando o excesso de catalisadores, álcool que não reagiu e ácidos graxos.

2.2. Eletrofloculação

Os testes de eletrofloculação foram conduzidos em um recipiente cilíndrico de vidro com capacidade de 250 mL, com os eletrodos fixados na tampa com espaço de 1 cm, conectados a uma fonte de alimentação de corrente contínua, como mostrado na Figura 1. Foram testados 4 tipos de eletrodos com tamanho de 6 cm de comprimento e 2 cm de largura, variando a tensão e tempo. A fim de obter as condições ótimas desta combinação de variáveis.

De acordo com Tetericz (2011), o pH é um dos fatores que interfere na qualidade da eletrofloculação que será realizada, portanto, antes de iniciar os experimentos de eletrofloculação no efluente, foi ajustado para 4 o pH utilizando NaOH sólido e/ou HCl concentrado.

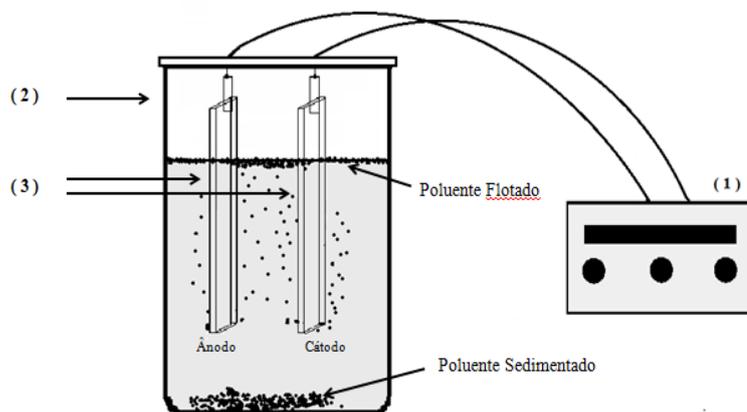


Figura 1. Sistema de eletrocoagulação/flotação: 1) fonte de alimentação 2) reator eletroquímico, 3) eletrodos.

Para cada eletrodo foram testadas as voltagens 1, 2, 3 e 4 Volts, com tempo pré-determinado de 15 minutos para cada reação. Após o processo de eletrofloculação a água foi filtrada em papel filtro, o qual teve a massa medida antes e após a filtração, para obtenção da diferença de massa. A tensão que apresentou o melhor resultado, foi estabelecida através da diferença entre massa floculada

e limite de massa do efluente, para posteriormente, ser realizada a obtenção do melhor tempo de reação. Os tempos testados foram os sugeridos por Borba et al. (2010) e Yassue et al. (2009) de 15, 30, 45, 60 minutos, determinou-se o tempo ótimo de eletrólise subtraindo a massa floculada do limite de massa do efluente.

2.3. Massa limite do efluente

Para determinar a massa limite calculou-se a densidade do efluente, mediu-se 100 mL de efluente e em seguida pesou-se este volume. Em seguida foi calculada a densidade através da equação 1:

$$d = \frac{m}{v} \quad (\text{Equação 1})$$

d= densidade, m= massa e v= volume

O limite de massa foi obtido através da diferença entre a densidade do efluente e a densidade da água.

2.4 Análises dos efluentes tratados e do efluente bruto

As análises físico-químicas realizadas nos efluentes tratado e bruto foram pH, sólidos totais e demanda química de oxigênio.

Para medir o pH realizou-se medição instrumental utilizando pH-metro digital, marca Micronal. As análises de sólidos totais foram realizadas através do método gravimétrico, a uma temperatura de 100°C na estufa até obter a massa constante e posteriormente a 500°C na mufla por 30 minutos, método descrito no Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater.

Para realizar as análises da DQO (Demanda Química de Oxigênio), foram pipetados 5 mL da amostra, 2,0 mL da solução catalítica e 1,0 da solução digestora e inseridos em uma cubeta, posteriormente foi levada a um digestor por duas horas a 150°C. Em seguida foi retirada e deixada em repouso por 10 minutos, após o repouso agitou-se a cubeta e retirou-se os sobrenadantes e foi realizada leitura a 620 nm no espectrofotômetro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Obtenção da massa limite

A partir da equação 1 obteve-se a densidade do efluente de 1,03 g/mL e subtraiu-se a densidade da água de 1,00 g/mL, resultando na massa de sólidos dissolvidos no efluente. Para tal

atribui-se o limite de massa de 0,03 g/mL, como o volume de efluente utilizado para eletrofloculação foi de 100 ml, determinou-se o limite de massa de 3g.

3.2. Determinação da Voltagem

Os valores de massa determinadas em função da variação do potencial aplicado estão apresentados na Figura 2. Os eletrodos de alumínio (Al) e aço carbono (Aço C) mostraram-se mais efetivos no processo de eletrofloculação, pois maiores valores de massa eletrofloculada foram determinadas.

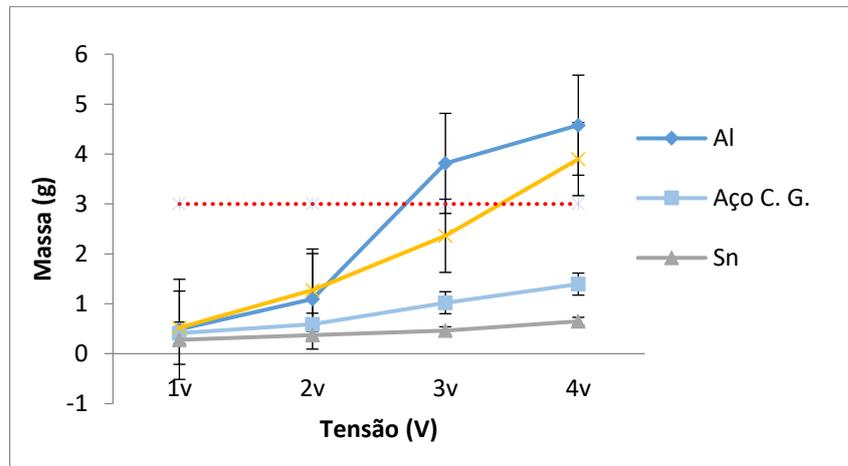


Figura 2. Variação de massa de material orgânico eletrofloculado em função do potencial, durante 15 minutos.

Para os eletrodos de aço carbono galvanizado (Aço C. G.) e estanho (Sn) houve uma menor atividade de eletrofloculação, pois menores valores de massa foram obtidos com estes eletrodos. Esta resposta está relacionada à condição de pH da água de lavagem, pois o Sn não é ativo neste pH, e o Aço C. G. necessita de uma maior voltagem para que ocorra a eletrofloculação (CHEN et al 2004).

Para valores de tensão superiores a 3 Volts os eletrodos de Aço C. e Al apresentaram valores de massa maiores que o valor limite. Tal comportamento pode estar relacionada a uma maior dissolução do eletrodo devido a maior tensão aplicada. Quando é aumentado o tempo de eletrólise e a voltagem os eletrodos tendem a ter maior desgaste (MENESES, 2012).

A partir da comparação das massas obtidas para os eletrodos com a massa limite de material orgânico no efluente, determinou-se a tensão de 3 volts para os eletrodos de Al e Aço C. e 4 Volts para os eletrodos de Aço C. G. e Sn, em seguida realizou-se eletrofloculação para selecionar o tempo de reação ideal.

3.3. Tempo de eletrofloculação

Para determinar o tempo de eletrofloculação fixou-se a tensão para os eletrodos de Aço C. e Al em 3 Volts e para os eletrodos de Aço C. G. e Sn em 4 Volts. O tempo de eletrofloculação foi variado em 15, 30, 45 e 60 minutos conforme mostra a Figura 3.

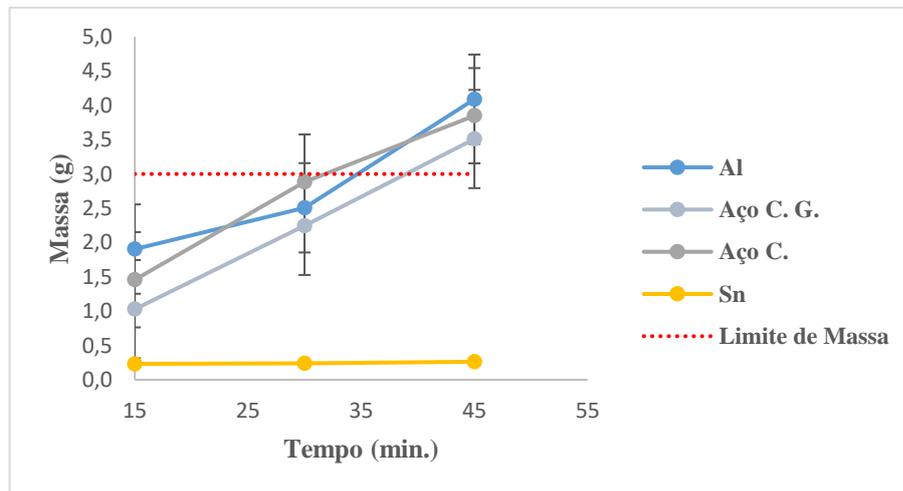


Figura 3. Gráfico com diferentes tempos de eletrofloculação.

Pode se observar um aumento na massa eletrofloculada para todos os eletrodos com exceção do eletrodo de Sn, para o qual a massa permaneceu constante. Para os eletrodos de Aço C. e Al a massa determinada foi maior que para o eletrodo de Aço C. G. Tal resultado evidencia uma maior atividade dos eletrodos de Aço C. e Al.

Os resultados permitem selecionar o melhor tempo de eletrofloculação, que para todos os eletrodos foi de 45 minutos, pois os valores de massa foram muito próximos ao valor de massa limite de material orgânico no efluente. Após 45 minutos houve aquecimento do sistema reacional devido a liberação de energia das reações eletroquímicas. O eletrodo de Sn foi descartado para as medidas de eletrofloculação, pois não apresentou atividade em nenhuma das condições testadas.

Segundo Cequeira (2006), a eficiência da remoção de óleos e graxas depende diretamente da concentração de íons produzidos pelos eletrodos. Com o aumento do tempo de eletrólise, ocorre um aumento na concentração destes íons e seus flocos de hidróxido. Este aumento proporciona efeito significativo na eficiência de remoção de óleos e graxas.

3.4. Perda de massa dos eletrodos

Durante os ensaios de eletrofloculação o ânodo é oxidado e, este processo, promove a dissolução do metal e, como consequência, há a perda de massa. A variação de massa dos eletrodos foi avaliada e os resultados são apresentados na figura 4.

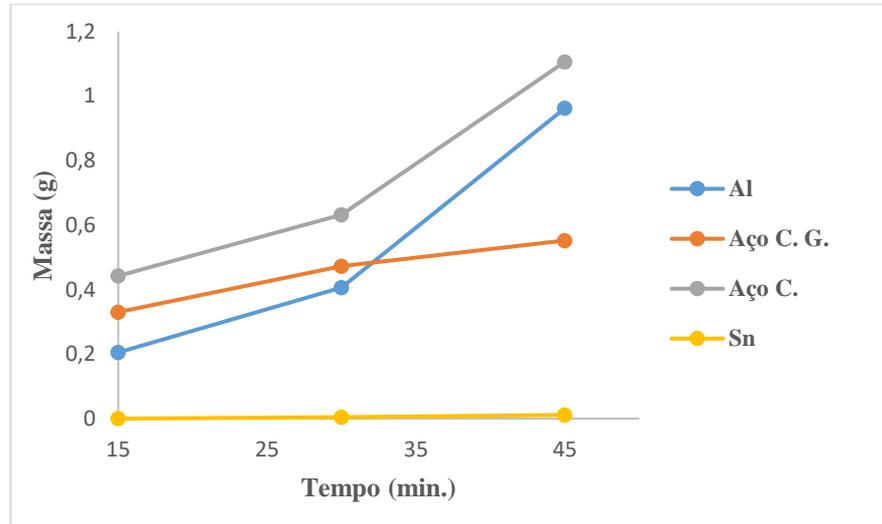


Figura 4. Determinação da perda de massa dos eletrodos durante o processo de eletrofloculação, voltagem de 3 Volts para o Aço C. e Al e de 4 Volts para Aço C. G e Sn.

Os resultados de perda de massa demonstram que houve uma aumento no desgaste dos eletrodos em função do tempo de eletrofloculação. Os eletrodos de Aço C. e Al foram os mais ativos, pois apresentaram maiores perdas de massa em função do tempo.

Os valores de perda de massa do eletrodo são úteis para determinar a quantidade de massa apenas de material orgânico que foi eletrofloculado. Pode ser determinado a massa de material orgânico eletrofloculado subtraindo-se a massa de metal que foi perdida durante a reação para o meio.

A figura 5 apresenta os valores de massa de material eletrofloculado descontando a massa de metal dissolvido.

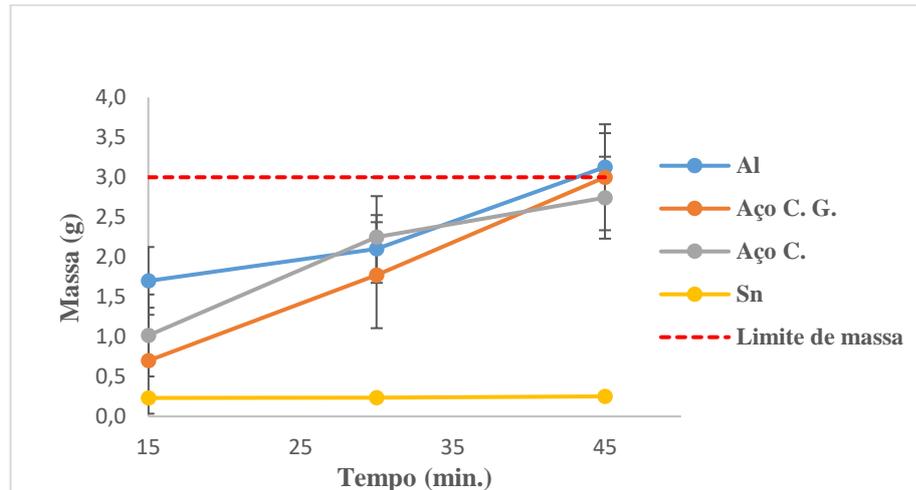


Figura 5. Gráfico da diferença de massa entre material floculado e metal dissolvido.

A partir dos resultados da figura 5 foi possível selecionar o tempo de eletrofloculação para os eletrodos. Para o eletrodo de Aço C, Al e Aço C. G foi de 45 minutos, já o eletrodo de estanho não reagiu aos tempos determinados sendo descartada a sua aplicação.

Os valores obtidos para o tempo ideal de eletrofloculação foram semelhantes ao de Meneses (2012). Onde os autores descrevem que obtiveram ótimos resultados com tempo de 40 minutos utilizando pH inicial de 5 com tensão de 3,5V. Removendo 99.23% dos óleos e graxas presentes no efluente bruto, mostrando-se uma técnica bastante eficiente para remoção de óleos e graxas.

3.5. Potencial Hidrogeniônico – pH

Após a tensão ideal estabelecida para cada eletrodo realizou-se o monitoramento do pH do efluente durante os tempos de 15, 30 e 45 minutos como pode ser observado na figura 6. Observa-se um aumento de pH para valores acima de 8 sendo que tal aumento pode ser justificado pela formação de hidróxidos devido a dissolução dos eletrodos. Os eletrodos de Aço C. G. e Aço C. promoveram um maior aumento no valor pH que é justificada pela maior tendência em formação de hidróxidos de ferro (CHEN, 2004).

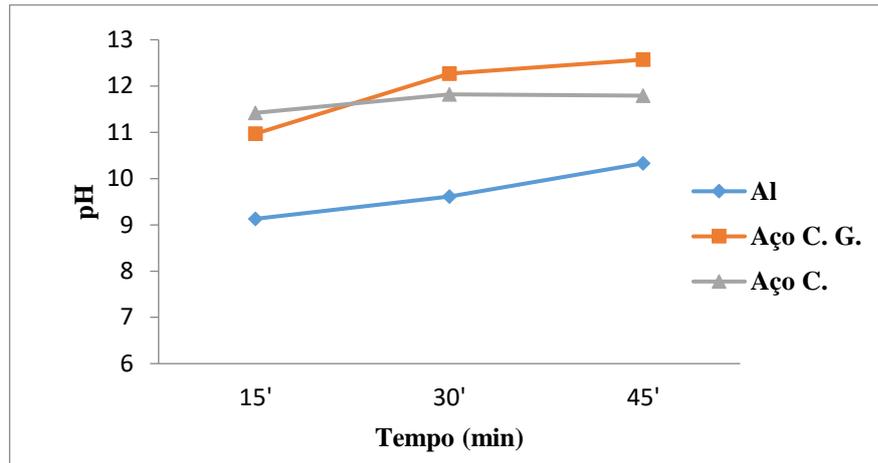


Figura 6. Variação do valor do pH no decorrer do tempo de eletrofloculação.

Para o Aço C. após 30 minutos de eletrólise o pH começou a ficar constante quando comparado com os outros eletrodos sendo um ponto positivo já que o resíduo de purificação do biodiesel se apresenta ácido, devido à grande quantidade de ácidos graxos, os hidróxidos liberados no decorrer da reação fazem com que o pH do efluente aumente de acordo com o tempo de tratamento (BRITO, FERREIRA e SILVA 2012).

De acordo com Chen et al.(2004), o aumento de pH pode ter ocorrido a partir de outros mecanismos, como a transferência de CO_2 , pois o CO_2 é supersaturado em eletrólito aquoso ácido e pode ser liberado do meio devido à agitação causada pelas bolhas de H_2 , causando então o aumento do pH.

De acordo com a Resolução do CONAMA nº 430/2011, um efluente pode ser descartado com pH entre 5 e 9. Os efluentes eletrofloculados apresentaram valores de pH acima do estipulado pelo CONAMA, desta forma, buscou-se uma alternativa para diminuir o pH. Para isso utilizou-se dois tipos de filtragem para cada eletrodo, papel filtro e filtro de carvão ativo conforme mostra a figura 7.

Na literatura, existem poucos trabalhos que pesquisam soluções para a água de purificação do biodiesel, como, por exemplo, o efeito do carvão ativado sobre sua capacidade de adsorver o glicerol presente no efluente.

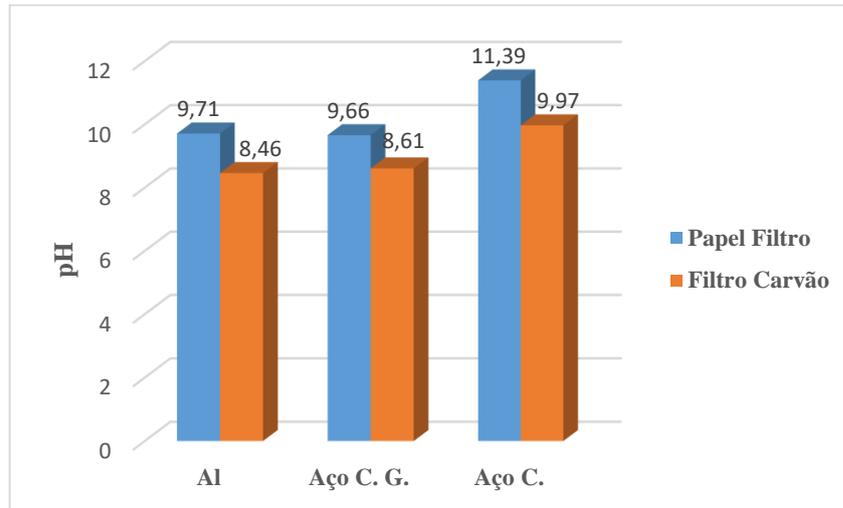


Figura 7. Variação do pH do efluente filtrado após técnica de eletrofloculação.

O resultado após utilizar os dois tipos de filtragem, pode-se observar que o filtro de carvão ativo mostrou-se eficaz para os eletrodos de Al e Aço C. G. onde estes se enquadram nos padrões exigidos pelo CONAMA resolução n 430/11. Porém, não foi possível atingir os padrões desejáveis para o Aço C. utilizando as filtragens estudadas. Chen (2004) estudou o processo de eletrocoagulação utilizando eletrodos de alumínio e ferro e verificou que quando o pH inicial é ácido o valor do pH final aumenta, já quando o pH inicial é alcalino, o pH final diminui. Como partiu-se de um pH inicial ácido neste trabalho, obteve-se um pH final alcalino.

3.6. Sólidos totais, voláteis e fixos

O tratamento com eletrodo de Al utilizando filtro de carvão ativo mostrou maior eficiência na redução dos sólidos totais de 35%, enquanto os eletrodos de Aço C. e Aço C. G. apresentaram valores próximos de redução de 21,5%.

Os resultados para os eletrodos utilizando papel filtro não tiveram uma redução eficaz quando comparada com os eletrodos de filtro de carvão. Porém o eletrodo de Aço C. G. utilizando papel filtro apresentou menor quantidade de sólidos voláteis que outros ensaios e também o que teve maior valor de sólidos fixos. Apesar de ter ocorrido uma remoção de sólidos totais nos eletrodos de papel filtro, o valor de sólidos totais ainda é próximo do efluente bruto isso pode ser devido à presença de sais dissolvidos, que dificilmente são removidos.

Os autores Meneses (2012) e Crespilho e Rezende (2004), verificaram que a quantidade de sólidos totais ficou em torno de 812 mg/L para os efluentes tratado, não se enquadrando na norma do CONAMA resolução n° 430 de 2011 onde os limites para descarte de sólidos é de 500 mg/L, já no

presente trabalho os valores de sólidos totais ficaram dentro da norma estabelecida, sendo 89,5 mg L⁻¹ a maior concentração obtida.

3.7. Demanda química de oxigênio

Os resultados apresentaram redução da DQO superior a 50% para o eletrodo de Aço carbono no processo de eletrofloculação utilizando papel filtro, já para o Aço C. G. o valor de remoção de poluentes foi acima de 55% com filtro de carvão ativo.

O eletrodo de Aço C. G mostrou grande eficiência na redução dos valores da DQO de 58%, os demais eletrodos apresentaram taxa de remoção menor, porém em torno de 50%. Fornari (2007) obteve eficiência de remoção de 59% de DQO com a etapa de eletrocoagulação, favorecendo o tratamento. Sendo um fator fundamental para análise de efluentes. Yassue et al. (2009) obtiveram eficiência de 98,4% na redução da DQO de efluente avícola, valor este superior a 58%, pode ser justificado pelas diferentes características do efluentes em estudo tempo e corrente aplicada.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados, pode-se verificar que os parâmetros tempo de tratamento e tensão são fatores determinantes no processo. A tensão ideal estabelecida para os eletrodos de Al e Aço C. foi de 3 Volts e para Aço C. G. e Sn foi de 4 Volts, e o tempo ideal foi de 45 minutos para todos os eletrodos. Observou-se que com o aumento de tensão e tempos os eletrodos de Al e Aço C. tem uma grande liberação de metal dissolvido no meio.

O eletrodo de Al se mostra mais eficaz na redução de sólidos totais utilizando filtro de carvão ativo quando comparado aos demais eletrodos e o eletrodo de Aço C. G teve maior eficiência na remoção de DQO também utilizando filtro de carvão ativo, enquadrando nos padrões de descarte do CONAMA resolução 430/2011.

Os valores do pH após o tratamento tiveram um valor alto não se enquadrando nas normas para descarte, isto deve-se a formação de hidróxidos liberados pelos eletrodos, principalmente os eletrodo de Aço C e Aço C. G. ficando acima de 10 o pH, após a filtração pode-se observar que o filtro de carvão ativo teve melhor resultado onde os eletrodos de Al e Aço C. G. se enquadraram para descarte.

Do ponto de vista ambiental este processo de tratamento é bastante promissor, pois houve redução dos parâmetros físicos químicos estudados, com isso é possível não só diminuir a poluição que o efluente gera, mais sim reutilizar este efluente tratado no processo de purificação, evitando o uso de um volume de água infinito.

REFERÊNCIAS

BORBA, F. H. et al. Avaliação da eficiência da técnica de eletro-floculação no tratamento de efluentes de indústrias de subprodutos avícolas. **Estudos Tecnológicos** - Vol. 6, nº 1, p 36-47. Nov. 2010.

BRITO, J F., FERREIRA. L. O., SILVA. J.P. O tratamento para a água de purificação de biodiesel usando electroflocculation. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 4, 2012.

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

CHEN, G., Electrochemical technologies in wastewater treatment. **Separation and purification Technology**, Hong Kong, n.38, p. 11-41, out, 2004.

CRESPILHO, F. N.; REZENDE, M. O. O. Tratamento de efluente da indústria de processamento de coco utilizando eletroflotação. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 2-5, 2004.

DE BONI, L.A.B. et al *Tratamento Físico-Químico da Água de Lavagem Proveniente da Purificação do Biodiesel*. Periódico Tchê Química. Vol. 4 – N. 7, jan – fevereiro 2008.

FORNARI, M. M. T. **Aplicação da Técnica de Eletro-Floculação no Tratamento de Efluentes de Curtume**. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro De Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2007.

GERIS, Regina et al. biodiesel de soja – reação de transesterificação para aulas práticas de química orgânica. **Quimica Nova**, Salvador, v. 30, n. 5, p.1369-1373, maio 2007.

MEDEIROS, R. B. **Utilização da Eletrofloculação para Tratamento de Água de Produção**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Centro de Tecnologias e ciências, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

MENESES, J. M. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando a eletrocoagulação/flotação: investigação dos parâmetros operacionais. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 235-240, jan. 2012.

PALOMINO-ROMERO, J. A. et al. Tratamentos dos efluentes gerados na produção de biodiesel. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 367-378, Jun. 2012

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 19th ed., Washington, 1995.

TETERICZ, A. M. **Tratamento de efluente do herbicida atrazina pelo processo de eletrofloculação**. 65 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Faculdade Cataratas, Foz do Iguaçu, 2011.

YASSUE, P. H. et al; Remoção de DQO e de cor através do tratamento eletrolítico, **XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Fortaleza, 2009.