

REUSO DA ÁGUA NA INDÚSTRIA DE LAMINAÇÃO ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE ARGILA ORGANOFÍLICA COMO POLIMENTO FINAL DE EFLUENTE¹

Bárbara Elisabeth Waelkens²
Denilton Oliveira Lima³

Resumo

Este trabalho visa viabilizar o reuso da água oriunda do efluente oleoso gerado na indústria de laminação a frio através do polimento de seu efluente final com argila organofílica granular. Para tanto foi realizado um estudo de caso, no qual o processo de tratamento de efluentes existente em uma indústria de laminação a frio é avaliado, determinando a eficiência de cada etapa quanto à remoção de óleos e graxas e estudada a viabilidade de otimização ou complementação do processo pela adição de argila organofílica. Esta tem como função primária remover compostos orgânicos de baixa solubilidade da água, particularmente óleos, graxas e hidrocarbonetos aromáticos. Espera-se, com o polimento do efluente final, alcançar concentrações de óleos e graxas do efluente próximas a zero. Desta maneira pretende-se viabilizar o reuso da água e conseqüente redução dos gastos da empresa, tanto na disposição final do esgoto como no consumo de água.

Palavras-chave: Argila organofílica; Efluentes; Óleo; Laminação.

WATER REUSE AT THE LAMINATION INDUSTRY THROUGH THE APPLICATION OF GRANULATED ORGANOCCLAY AS FINAL EFFLUENT POLISH

Abstract

The present article aims to study the viability of the water reuse of a cold rolling industry, through the polishing of its final effluent with granulated organoclay. Thus, there was conducted a case study in which each step of the industries existing wastewater treatment process was evaluated regarding the removal of oil and grease. Once the efficiency of the system was determined the feasibility of optimization with the addition of a granulated organoclay filter was studied. The primary function of organoclay is to remove organic compounds with low water solubility, particularly oils, greases and aromatic hydrocarbons from the water. It is expected that with the polishing of the final effluent, concentrations next to zero of oil and grease will be achieved. With these results the reuse of water should be facilitated, and there should be a consequent cost reduction, both through the reduction of sewage production as through the reduction of water consumption.

Key-words: Organoclay; Wastewater; Oil; Cold rolling.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Mestranda na área de Saneamento e Tratamento de Efluentes da Escola Politécnica da USP, Enga. Ambiental da Bentonit União NE.*

³ *Graduando em Química pela Faculdade São Bernardo, responsável pela operação da ETE avaliada*

1 INTRODUÇÃO

À medida que a legislação e o controle ambiental se tornam mais restritivos, questões como a disposição adequada de efluentes e resíduos sólidos passa a ser mais relevante no orçamento. A redução de gastos com a disposição de rejeitos é desejada e em longo prazo não se tem como fugir dos já tradicionais três R's, Reduzir, Reutilizar e Reciclar.

No caso dos efluentes industriais o reuso, ou melhor, reciclagem, da água passa a se tornar uma alternativa interessante. Após o tratamento, ou reciclagem, do efluente procura-se reutilizar ao menos parte deste para fins menos nobres como lavagem de tanques ou pisos. Seria interessante, no entanto, poder-se reutilizar a água tratada no próprio processo, obtendo-se assim uma redução significativa no consumo de água. Atualmente o custo deste nível de tratamento ainda é muito elevado devido ao alto preço das tecnologias existentes e a especificidade de cada efluente industrial.

Difícilmente irá se encontrar uma solução geral para o tratamento de todos os efluentes. Cada tipo de efluente pede uma solução específica e por isso deve ser estudado individualmente. Portanto, para viabilizar um tratamento mais eficiente é importante conhecer bem as características do efluente a fim de procurar a alternativa de tratamento mais apropriada.

O presente trabalho visa otimizar o tratamento de efluentes de uma indústria de laminação a frio no tocante a remoção de óleo. Geralmente os óleos e graxas são removidos em sistemas separadores de água e óleo (SAO's) onde ocorre um choque de pH para a quebra da emulsão oleosa, seguido de uma separação por gravidade, onde o óleo sobrenadante é removido. Entretanto ainda resta um residual de óleo emulsificado na água que é de remoção mais complicada.

A indústria a ser estudada realiza as atividades de decapagem, têmpera, laminação e revestimento final com metais pesados como Cobre, Zinco, Níquel e Cromo. Seu tratamento de efluentes é dividido em duas estações. A primeira estação trata os efluentes oriundos da decapagem, da laminação e da primeira parte do processo de revestimento (desengraxe das lâminas). Esta estação possui uma etapa para a remoção de resíduos oleosos (SAO), seguida de um tratamento físico químico convencional. A segunda estação trata o efluente oriundo da têmpera e do revestimento através de processos de precipitação de metais, entretanto não é foco deste trabalho.

Pretende-se estudar a viabilidade de se reutilizar o efluente oriundo da primeira estação de tratamento através da remoção completa do óleo emulsificado. Para tanto, é estudada a utilização de um filtro de argila organofílica granular (AOG).

A argila organofílica é um derivado da bentonita, que é uma argila conhecida por suas propriedades de inchamento na presença de água e suas inúmeras aplicações comerciais.⁽¹⁾ A argila organofílica é formada ao se trocar os cátions inorgânicos (sódio e cálcio), presentes na superfície e espaços interlamelares da bentonita, por sais quaternários de amônio, desta forma trocando a característica hidrofílica da argila por uma característica organofílica.⁽²⁾ Esta troca por íons orgânicos resultam em maiores espaços interlamelares que

não incham ou se alteram significativamente na presença de água, mas incham em fluidos orgânicos como diesel, gasolina, querosene e outros.⁽³⁾ As longas cadeias carbônicas do sal quartenário de amônio irão adsorver o óleo ou outros hidrocarbonetos devido a forças de Coulomb (eletrostática e de Van der Waals). Desta forma removendo grande quantidade de óleos e graxas da água, inclusive óleos emulsificados, através de uma adsorção química.⁽⁴⁾

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Generalidades

O presente trabalho foi realizado com base no processo de tratamento de efluentes de uma indústria de laminação a frio que realiza os processos de decapagem, têmpera, laminação e revestimento e foi dividido em duas etapas: a primeira consiste em uma avaliação do processo de tratamento e a segunda consiste no estudo da viabilidade de se aplicar a Argila Organofílica Granular (AOG) como filtro de polimento para a remoção dos óleos e graxas residuais com intuito de se reutilizar a água tratada no processo.

Avaliando-se a planta e o fluxograma da estação de tratamento de efluentes foram determinados os pontos de coleta para avaliação da eficiência do sistema no tocante a remoção de óleos e graxas. Uma vez realizada a coleta o efluente foi caracterizado pelos parâmetros de pH, turbidez, sólidos em suspensão totais – SST, carbono orgânico total – COT e óleos e graxas – O&G.⁽⁵⁾

A segunda etapa foi elaborada com base nos resultados da primeira, na qual foi possível identificar em que locais e situações a concentração de O&G foi a mais crítica. Nestes pontos foi realizada a coleta de efluente e avaliada a viabilidade da utilização da AOG como polimento. O estudo foi realizado em escala de laboratório através de ensaios de coluna.

2.2 Etapa 1 – Apresentação da Estação de Tratamento

Os efluentes oriundos da laminação e do desengraxe do revestimento, por possuírem características oleosas, são encaminhados inicialmente para o tanque de emulsão. Neste ocorre uma separação entre a parte livre do óleo, a borra sedimentável e o efluente líquido remanescente. O óleo sobrenadante é removido, adensado e coletado por uma empresa de reciclagem de óleo, a borra sedimentada é enviada para desaguamento no filtro prensa e posteriormente coletada para disposição em aterro, e o efluente residual é encaminhado para o tratamento físico-químico.

O tanque de emulsão opera em batelada, pois é necessário um tempo de cerca 48h para atingir a maior eficiência de separação de óleo do efluente. O material flotado é removido via um Skimmer.

O efluente do tanque de emulsão, junto ao efluente oriundo da decapagem é encaminhado para o tratamento físico-químico, que consiste das etapas de: “chegada do efluente”, correção do pH, aeração, floculação e sedimentação em um decantador laminar. Devido a alta concentração de Ferro no efluente da Decapagem, observou-se que não é necessária a adição de coagulante, apenas

uma correção do pH e aeração para favorecer a oxidação dos íons de Ferro II para Ferro III.

O material sedimentado no decantador vai para um adensador, no qual o efluente sobrenadante retorna para o processo e o lodo adensado é encaminhado para um filtro prensa para desaguamento. O sobrenadante retorna para o início do processo e a torta é coletada e enviada para aterro.

O Fluxograma da Figura 1 mostra os processos e reciclos que ocorrem em cada etapa do tratamento.

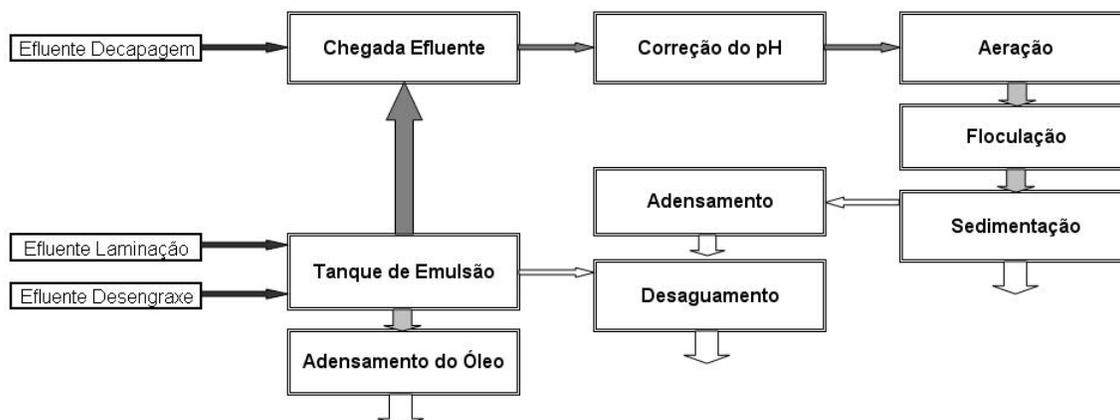


Figura 1 - Fluxograma do Processo de Tratamento

O efluente foi coletado e caracterizado na entrada e saída do tanque de emulsão, no início do processo físico-químico e na saída do tanque de sedimentação, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Pontos de Coleta de Efluente

Descrição	Identificação
Efluente Bruto Decapagem	Bruto Dec.
Efluente do Revestimento após tratamento Físico Químico ETE 2	Bruto Rev. FQ
Efluente Bruto Desengraxe do Revestimento	Bruto Rev. DR
Efluente Bruto Tanque de Emulsão – Entrada do Tanque de Emulsão	Bruto TE
Efluente Tratado Tanque de Emulsão – Saída para Físico Químico	Trat. TE
Efluente Tratado ETE Decapagem – Sem operação do Tanque de Emulsão	Trat. Dec. – sem TE
Efluente Tratado ETE Decapagem – Com operação do Tanque de Emulsão	Trat. Dec. – com TE

Nestes pontos o efluente foi caracterizado para os parâmetros de pH, turbidez, Carbono Orgânico Total (COT), Sólidos em Suspensão Totais (SST) e Óleos e Graxas (O&G).

2.2 Etapa 2 – Coleta do Efluente e Ensaio de Coluna

2.2.1 Generalidades

Nos pontos críticos no tocante a concentração de óleo foi realizada a coleta de efluente. Este foi levado para o laboratório, caracterizado e tratado com a argila

organofílica granular (AOG). Este tratamento consiste de uma filtração em coluna que tem como intuito remover os óleos e graxas residuais. Ao término do tratamento o efluente foi novamente caracterizado.

2.2.2 Descrição do ensaio de filtração em coluna

O ensaio de filtração em coluna consiste de uma coluna de vidro dentro da qual é acomodado um filtro de AOG sustentado por um leito de pedras, pelo qual o efluente passa em fluxo descendente a uma vazão constante controlada por bomba peristáltica. As Figuras 2 e 3 mostram um esquema e foto da instalação laboratorial. De acordo com o fabricante o tempo de contato necessário para garantir a eficiência do produto é de 1 minuto a 5 minutos, dependendo do tipo de poluente que se deseja remover. No presente experimento foi utilizado um tempo de contato de 4,5 minutos e uma massa de argila de 50g.

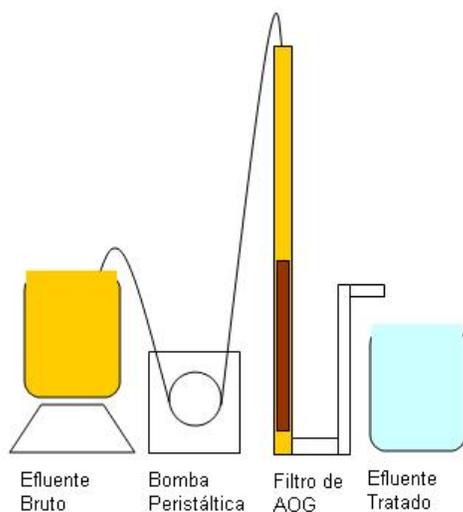


Figura 2 - Esquema do filtro de coluna



Figura 3 - Imagem da coluna utilizada nos ensaios laboratoriais

O efluente foi avaliado quanto aos parâmetros de O&G, TOC, SST, pH e Turbidez antes e após o tratamento com a Argila Organofílica Granular.

3 RESULTADOS

3.1 Etapa 1 – Caracterização do Efluente e Avaliação da Eficiência do Processo de Tratamento

Para cada efluente apresentado no Quadro 1 foram obtidos dados referentes a concentrações de TOC, O&G e SST, além dos parâmetros Turbidez e pH. A Tabela 1 apresenta uma média dos resultados obtidos.

Tabela 1 - Caracterização do Efluente em cada etapa do processo de tratamento

Identificação	pH	Turb (NTU)	TOC (mg/L)*	O&G (mg/l)	SST (mg/l)
Bruto Dec.	1,83	65,18	5,15	7	32
Bruto Rev. FQ	11,28	99,00	1,99	6	85
Bruto Rev. DR	12,11	> lim	1374,00	1980	8360
Bruto TE	4,00	>lim	nd	4960	nd
Trat. TE	4,76	590,00	216,00	52	367
Trat. Dec. – sem TE	7,72	21,23	21,16	5	53
Trat. Dec. – com TE	4,22	63,50	8,53	36	50

O efluente da decapagem apresenta uma concentração de óleos e graxas baixa, tanto no início como ao final do tratamento Físico-Químico (7 mg/l e 5 mg/l). O efluente oriundo do revestimento, que já passou por pré-tratamento para remoção de metais e vai para o tratamento físico-químico, também possui uma concentração baixa de óleos e graxas (6 mg/l). Estes efluentes, portanto, não são interessantes para a presente pesquisa.

Já os efluentes do desengraxe do revestimento e emulsão para resfriamento dos laminadores possuem alta concentração de óleos e graxas (1.980 mg/l e 4.960 mg/l, respectivamente) e passam pelo tanque de emulsão antes de ser encaminhados para o tratamento Físico Químico. A presença destes efluentes aumenta a concentração de óleos e graxas no efluente final. Este efluente passou a ser o objeto de pesquisa.

A operação da ETE precisa se adaptar à produção, motivo pelo qual as vazões não são constantes. Para se fazer uma estimativa da eficiência da ETE foi, portanto utilizada uma situação de “pior cenário possível, ou *worst case scenario*”. A Tabela 2 apresenta as vazões utilizadas para determinação da eficiência do processo.

O tanque de emulsão apresenta uma grande eficiência no tocante a remoção de óleos e graxas, já o tratamento Físico-Químico não é tão eficaz. A Tabela 3 apresenta um resumo da eficiência de cada etapa do processo para os parâmetros estudados.

Tabela 2 – Vazões utilizadas para calcular a eficiência do processo de tratamento

Identificação	Vazão	
Bruto Dec.	8	m3/h
Bruto Rev. FQ	0,45	m3/h
Bruto Rev. DR	1	m3/batelada
Bruto TE	8	m3/batelada
Trat. TE	1	m3/h
Trat. Dec. – sem TE	8,45	m3/h
Trat. Dec. – com TE	9,45	m3/h

Tabela 3 – Eficiência dos processos de tratamento

Eficiência de Remoção	Tanque de Emulsão	Físico Químico
Turbidez	nd	89%
Carbono Orgânico Total	nd	96%
Óleos e Graxas	99%	31%
Sólidos em Suspensão Totais	96%	86%

O que chama a atenção é a baixa eficiência da remoção do residual de óleos e graxas no tratamento Físico Químico. A argila organofílica granular tem como intuito melhorar esta eficiência.

3.2 Etapa 2 – Ensaio de Filtração em Coluna para remoção do Óleo Residual

A fim de estudar a remoção de óleos e graxas pela AOG foi utilizado o efluente final (após o tratamento Físico-Químico) quando o tanque de emulsão está em operação. O gráfico da Figura 4 mostra a concentração inicial de óleos e graxas na argila (valor em 0), bem como a sua concentração final em função do tempo de operação do filtro.

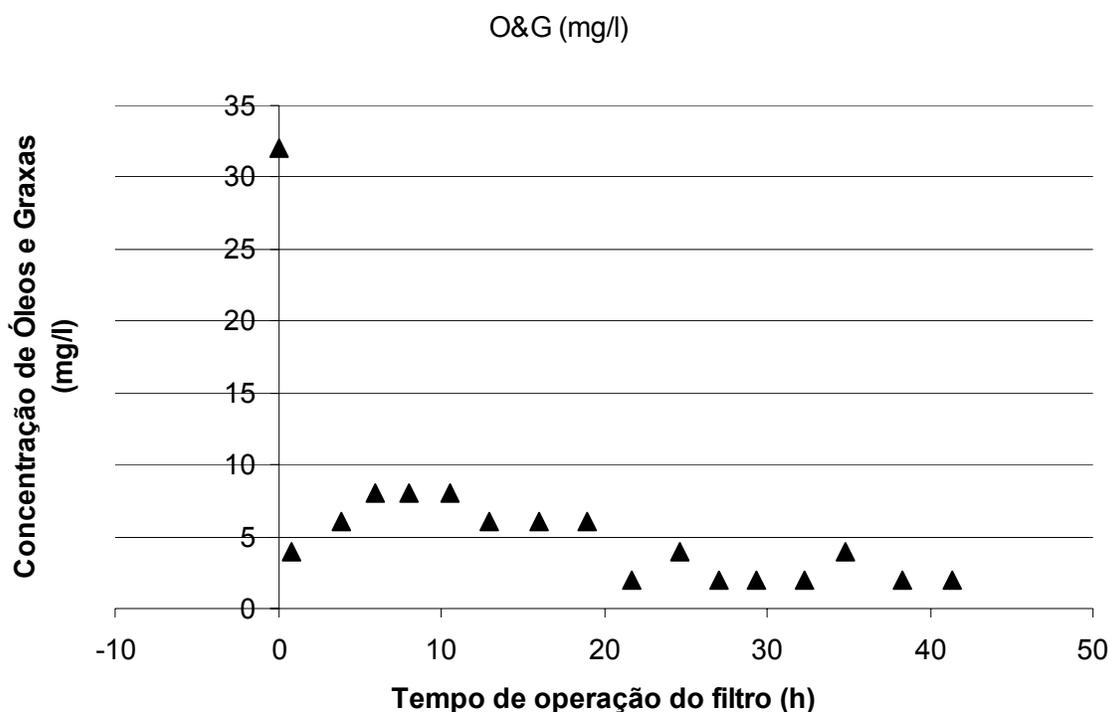


Figura 4 - Concentração de Óleos e Graxas no efluente inicial (valor em 0) e final, após o tratamento com AOG.

É possível observar que existe uma significativa remoção do óleo residual, havendo uma redução de 75% ou mais da concentração de óleos e graxas. Estas chegaram próximas do limite de detecção do método (2 mg/l). Não foi possível alcançar o limite de saturação da argila, entretanto este é estimado em cerca de 60% de seu peso em óleo.

Além do parâmetro de óleos e graxas também foram monitorados os parâmetros de pH, turbidez e COT. Os gráficos das Figuras 5, 6 e 7 apresentam os resultados obtidos para cada parâmetro.

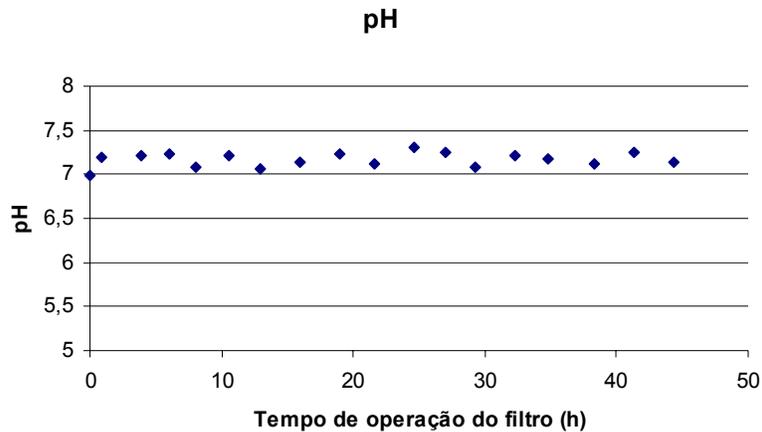


Figura 5 – Variação do pH do efluente final tratado no tempo

Não houve grandes variações do pH no tempo, o único fato que chamou a atenção é que após passar pelo filtro da argila houve um ligeiro aumento no pH.

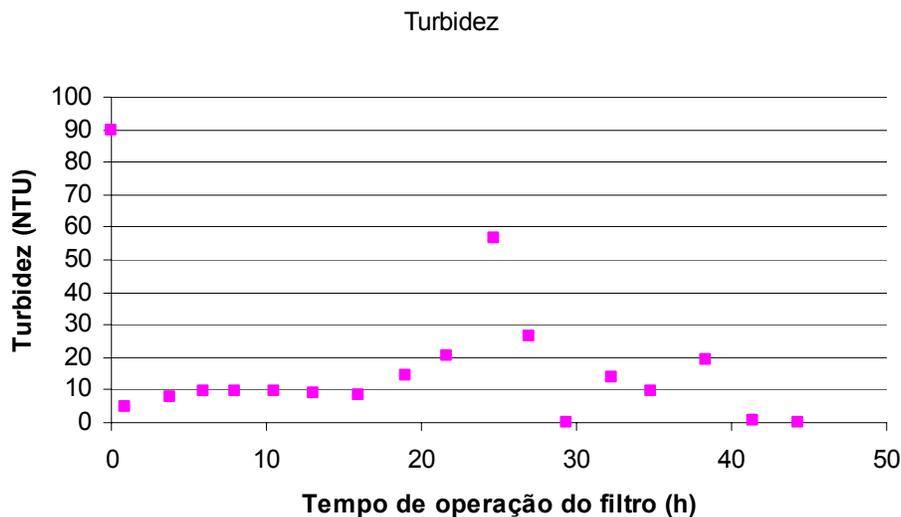


Figura 6 – Variação da Turbidez do efluente final tratado no tempo

A turbidez de uma forma geral foi reduzida, entretanto observa-se que não de forma homogênea ou constante. A alta turbidez se deve ao efluente, pois este ainda possui uma concentração de ferro representativa. A AOG é específica para a remoção de óleo, entretanto funciona também como um filtro comum, segurando parte do ferro precipitado. Tal fenômeno acarreta a redução da turbidez.

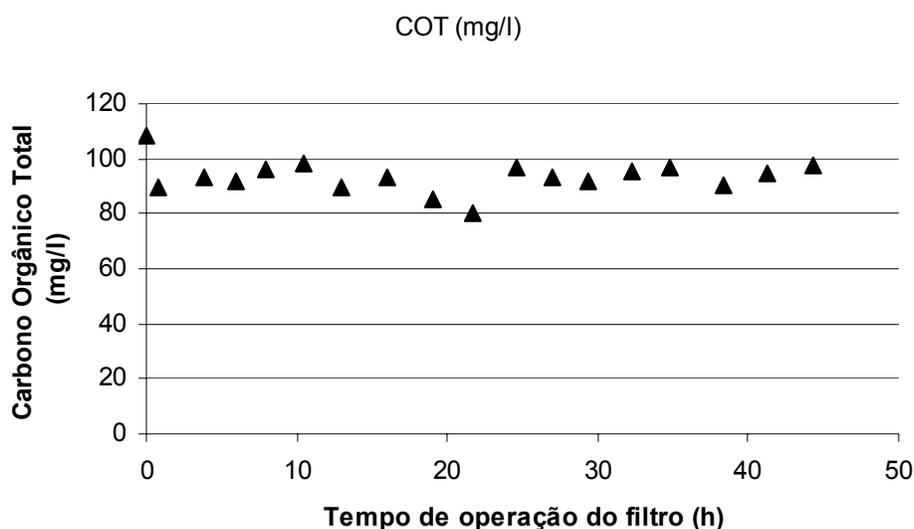


Figura 7 – Carbono Orgânico Total (COT) no efluente final

Foi possível observar uma redução de cerca 20% na concentração de Carbono Orgânico Total após o tratamento com a AOG, entretanto a concentração de COT ainda permaneceu representativa (cerca de 90 mg/l).

4 CONCLUSÃO

A presença de um residual de óleo no efluente não é um problema para o descarte, uma vez estando dentro dos parâmetros estabelecidos pelo decreto 8468 de 8 de setembro de 1976 do estado de São Paulo (Artigo 18 – 100 mg/l de Óleos e Graxas e Artigo 19A – 150 mg/l). Entretanto, no caso de se buscar viabilizar o reuso da água no processo industrial, mesmo pequenas concentrações de óleo podem atrapalhar, nem que seja apenas para viabilizar processos mais avançados de tratamento como oxidação química ou osmose reversa.

A AOG apresentou bons resultados no tocante a remoção do óleo residual, chegando a concentrações de óleo virtualmente ausentes. A aplicação é viável, entretanto não soluciona por completo o problema. A concentração de carbono orgânico total ainda se mostra representativa indicando a presença de outros poluentes orgânicos, que não óleos que precisam eventualmente ser removidos da água.

5 SUGESTÕES

A fim de viabilizar o reuso da água estudada sugere-se: otimizar o processo físico químico de tratamento, estudar a presença de contaminantes não orgânicos como cloretos e ferro e considerar remoção avançada do material orgânico residual.

Para melhor compreensão do funcionamento da Argila Organofílica Granular sugere-se estudar o efeito do pH em sua eficiência para remoção de óleo, assim como variar os tempos de contato com o efluente.

Agradecimentos

Fábio Campos, Edwilson Leite, Bentonit União NE e Escola Politécnica da USP

REFERÊNCIAS

- 1 Clem, A. G. and Doehler, R. W., **Industrial Applications of Bentonite**, *Clays and Clay Minerals* 1961 10 : 272-283
- 2 Jaynes W. F. and Boyd S. A., **Hydrophobicity of Siloxane Surfaces in Smectites as Revealed by Aromatic Hydrocarbon Adsorption from Water**, *Clays and Clay Minerals* 1991 39 : 428-436
- 3 Boyd, S. A., Lee, J. F., and Mortland, M. M., **Attenuating organic contaminant mobility by soil modification**, *Nature (London)* 1988, 333, 345–347.
- 4 Alther, G., **Using Organoclays to Remove Oil from Water**, *Water Online* Disponível em: <http://www.wateronline.com> 2000
- 5 APHA, AWWA, WEF, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. American Public Health Association, 21st ed., Washington, 2005.