



São Paulo - Brazil - May - 22nd to 24th - 2013

Acc4emic INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

Caracterização do Efluente Resultante do Processo de Lavagem de Plástico Filme Avaliando Aplicação de Tratamento pelo Processo Eletrolítico

ORSI, M. C. V. L. ^{a,b*}, MANCINI, S. D. ^a, LESSA, S. S. ^a, GONÇALVES, L. B. F. ^a

a. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, São Paulo

b. Faculdade de Tecnologia Wilson Roberto Ribeiro de Camargo, São Paulo

*m_orssi@hotmail.com

Resumo

A água é componente fundamental para o processo de preparação da matéria prima para a reciclagem de plástico pós-consumo, pois participa como elemento de remoção de detritos e impurezas que contaminam a matriz da matéria-prima utilizada. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar as águas de lavagem de uma recicladora de plástico tipo filme (sacos e sacolas) para avaliar o incremento e de poluentes de uma forma geral à água bruta, através de parâmetros indicadores das características físico-químicas, relacionando a influência do volume de plástico preparado para a reciclagem com o volume de sólidos. Estes resultados servirão de base para uma avaliação preliminar da remoção destes sólidos através da aplicação de tratamento pelo processo eletrolítico, considerando as características do efluente antes do processo e após a fase eletrolítica.

Palavras-chave: Tratamento, recursos hídricos, reciclagem, filmes plásticos.

1. INTRODUÇÃO

A forma mais comum de reciclagem de plásticos pode aproveitar, durante o processo, sobras e até mesmo peças fora de especificação. Neste tipo de processo, resíduos plásticos como sacos e sacolas (os filmes plásticos) passam por etapas de seleção, moagem, lavagem, secagem, aglutinação e reprocessamento, dando origem ao grânulo ou uma peça de plástico reciclado. Pode envolver aditivação de polímero visando à melhoria de suas propriedades finais. Se as propriedades do reciclado será ou não semelhante às da resina virgem, depende de uma série de fatores, como qualidade de cada etapa do processo e da matéria-prima utilizada (ZANIN; MANCINI, 2004).

Dentre as principais vantagens da reciclagem dos resíduos plásticos, podem ser elencadas: (ROLIM, 2010)

- Negócio acessível a pequenos e médios empresários;
- Tecnologia envolvida é facilmente absorvida;
- São processos físicos, cujos impactos ambientais concentram-se nas emissões gasosas, reaproveitamento de águas e controle no descarte dos resíduos;
- Absorve mão-de-obra não qualificada;
- Aumenta a vida útil dos aterros sanitários pela diminuição do volume de resíduos;

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

São Paulo - Brazil - May 22nd to 24th - 2013

- f) Contribui para a diminuição ou retirada da população que trabalha nos aterros/lixões;
- g) Poupa matéria-prima (por exemplo, derivados de petróleo), equivalente à quantidade reciclada;
- h) Valorização do lixo promove a educação e conscientização ambiental.
- i) Gera empregos formais e informais,
- j) Melhoria da qualidade dos produtos pelo aumento da competitividade.

Para a reciclagem ser economicamente viável, requer, entre outros fatores, garantia de fornecimento contínuo de material reciclável, tecnologias apropriadas para os diferentes produtos e valor de comercialização para os novos produtos, de modo a compensar os investimentos aplicados no processo (ROLIM, 2010). Dessa forma, técnicas eficientes de tratamento dos efluentes gerados na lavagem dos plásticos podem significar a possibilidade de reaproveitamento da água no próprio processo, gerando uma grande economia ao empresário e a diminuição dos impactos ambientais associados à atividade, que possui reputação bastante duvidosa por conta de casos de despejos de efluentes poluídos na natureza, sem tratamento.

A eletrólise com eletrodos reativos tem sido reavaliada para aplicação no tratamento de efluentes aquosos e vem apresentando algumas vantagens como a facilidade de operação, automação, utilização do eletrodo como reagente, uso de catalisador na forma de revestimento de eletrodos metálicos e formação de espécies reativas na superfície do eletrodo. Torna-se uma alternativa promissora aos métodos tradicionais, além de permitir a produção de compostos desinfetantes *in situ*, evitando assim os problemas de estocagem e transporte de produtos químicos perigosos como, por exemplo, o cloro. (OTENIO *et al*, 2010)

Dessa forma, o presente trabalho ao caracterizar as águas de lavagem de uma recicladora de plástico tipo filme, através da medição do incremento de poluentes por meio de parâmetros indicadores das características físico-químicas. Buscou-se ainda, avaliar de forma preliminar a eletrólise como alternativa para o tratamento dos efluentes líquidos gerados na lavagem dos resíduos plásticos, utilizando-se de dados obtidos em escala real.

2. METODOLOGIA

2.1 A empresa recicladora

A empresa objeto do estudo utiliza polímeros na forma de filmes (sacos e sacolas) coletados por comércio de sucatas, catadores, e cooperativas de reciclagem da região de Tatuí, Sorocaba, Cerquilha e Capela do Alto. Após o beneficiamento, que se traduz em triagem, moagem, lavagem e secagem, a empresa repassa o material para processamento da matéria prima via extrusão para matriz, na qual são confeccionadas telas, sacos plásticos, lonas etc.

A matéria prima adquirida pela empresa é basicamente constituída de filmes plásticos provenientes majoritariamente da coleta pós-consumo que podem ser classificados, basicamente, em três categorias, Filmes de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), Polietileno de Alta e Baixa Densidade (PEBD), e Polipropileno (PP). Os materiais mistos encontrados nos lotes geralmente são descartados ou devolvidos.

No local a área destinada ao armazenamento dos fardos de matéria prima não dispõe de cobertura, piso pavimentado ou anteparo que desvie as águas oriundas de chuvas, a ausência destes cuidados pode aumentar a impregnação de sólidos presentes no material.

Na moagem as embalagens, ainda inteiras, são transportadas por esteiras mecânicas até os moinhos de facas rotativas provido de bicos injetores de água sob pressão, esta direciona o material a duas banheiras de lavagem, em formato de canal, com 6,00m de comprimento, por 1,30m de altura, e 1,10m de largura, com volume de 8m³, sendo o volume útil efetivamente utilizado correspondente a 7m³.

No processo produtivo ocorre grande reposição de água devido às perdas do sistema, correspondente a cerca de 40% do volume total utilizado em um dia de lavagem. Ou seja, após um dia de trabalho ocorre à reposição de cerca de 2,8 m³, resultando ao final da semana uma perda de aproximadamente

15,4 m³ de água por tanque. Para abastecimento a água é coletada em um riacho situado na propriedade, é direcionada a um reservatório com capacidade para de 7.000 litros, onde não é aplicado nenhum tratamento, sendo utilizada *in natura*.

A cada duas semanas o efluente resultante da lavagem é descartado em um tanque de efluentes brutos, enterrado no solo. Neste ocorre decantação do material sólido e a água residual é descartada diretamente no riacho, o mesmo que abastece o processo, que sai da propriedade e serve de alimentação ao Rio Tatuí.

2.2 Caracterização primária do efluente

A caracterização inicial do efluente foi realizada no Laboratório de Química da UNESP-Sorocaba, por meio de análises de sólidos, cor e teor de oxigênio utilizando procedimentos preconizados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Waste water. Todos os ensaios foram feitos em triplicata.

O efluente foi coletado diretamente do tanque de lavagem, as amostras foram filtradas no local em tela de malha fina, 2 mm, após 11 dias de processo, armazenado em garrafas de plástico, refrigerado e transportado a 4°C. No momento da coleta, foi medido o pH com o medidor de pH digital portátil, modelo pH-1900 e a temperatura com termômetro de mercúrio. A análise foi realizada no mesmo dia da coleta. Para a filtragem foram utilizados micro-filtros de fibra de vidro, GF 52-C, Ø 47 ± 0,5 mm, preparados conforme APHA (2005), em todas as etapas a pesagem foi realizada em balança analítica, Eletronic Balance, type AW 220, com precisão de 0,0001g, até as variações de peso ficar abaixo dos 4%. (APHA, 2005).

Os **sólidos sedimentáveis** foram obtidos ao entornar 1 litro de amostra em um Cone graduado de Imhoff. Acionado o cronometro, após 45 minutos de repouso foi passado um bastão de vidro pelas paredes, gerando pequena agitação para homogeneizar o efluente, depois repouso por mais 15 minutos para posterior leitura do volume de sólidos que sedimentaram durante o ensaio.

Para a avaliação dos **sólidos totais** foram medidas três amostras de 25 mL do efluente e despejado em três cadinhos, levados à estufa de secagem e esterilização Mod. 320-SE – circulação mecânica. Para avaliação dos **sólidos totais suspensos** foram medidas mais três amostras de 25 mL do efluente, despejado sobre os filtros de fibra de vidro, previamente preparado. Após a filtragem foi comparado o peso inicial de cada filtro antes da filtragem, com o peso pós-secagem na estufa. O efluente resultante da filtragem corresponde aos **Sólidos totais dissolvidos**, foi levada a estufa de secagem e esterilização, Mod. 320-SE.

Os sólidos retidos nos filtros durante os ensaios anteriores (sólidos fixos totais, sólidos dissolvidos ou sólidos suspensos), foram submetidos à temperatura de 550°C, onde a massa perdida com o calor são os **sólidos fixos e voláteis**. (APHA, 2005)

2.3 Caracterização secundária do efluente

A caracterização secundária foi obtida através da lavagem de plásticos amostrados na recicladora, em tanquinho de lavagem, de modo a eliminar a influência de eventuais contaminações do moinho e/ou do tanque de lavagem e principalmente da utilização da mesma água para várias lavagens. Para a realização da análise em sistema controlado, o processo foi transformado de fluxo contínuo em batelada. A quantificação considerou o funcionamento por 5,5 dias semanais, durante 4,2 semanas/mês, totalizando 23,1 dias/mês. Segundo dados da empresa, cada tanque lava o equivalente a 50 t./mês, o equivalente a 2.164 kg/dia, durante 7 horas trabalhadas, propiciando a lavagem de 310 kg/h por tanque.

O filme dentro do tanque de lavagem leva em torno de 10 minutos para percorrer sua extensão total e ser retirado para secagem. Considerando este tempo de permanência, estabeleceu-se 6 bateladas por hora, uma a cada dez minutos. Dessa forma, a cada batelada seriam lavados 51,6 kg. Considerando que cada tanque tem 7 m³ de água, o processo lava 7,37 kg de plástico com 1 m³ de água a cada 10 min.

Foi usado para lavagem um tanque de acionamento elétrico, com turbilhamento central, neste foram depositados 48 litros de água. Na sequência, por equivalência de volume ($7,37 \text{ kg/m}^3$), foi depositado 0,353 kg de filmes plásticos, picados com tesoura manual em tiras estreitas. Procedeu-se agitação durante 20 minutos. Não foi adicionado nenhum tipo de agente de limpeza, conforme o procedimento adotado na empresa.

Posteriormente o material foi centrifugado, retirando o máximo volume de água, e separado para secagem em temperatura ambiente durante quatro dias. Para a caracterização do efluente dessa lavagem foram realizados os mesmos ensaios descritos no item anterior, no dia seguinte à coleta da amostra.

2.4 Tratamento preliminar por eletrólise

Foram colocadas em uma célula eletrolítica é de vidro retangular, com capacidade para 3,71 litros, nas dimensões de 130 mm x 220 mm x 130 mm, 10 eletrodos de ferro fundido (Fe/C), com 100 mm x 100 mm, e espessura de 2 mm, distantes 20 mm entre si, ligados a uma fonte de corrente contínua máx. de 3A e tensão de 30V (90W). A verificação da eficiência do tratamento foi considerada preliminar, pois, até o presente momento, somente foi realizada por meio visual (fotografia), sem uma mensuração quantitativa.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Caracterização primária do efluente

O pH e a temperatura da amostra, obtidos no momento da coleta, foram, respectivamente, 24°C e 6,5, o que enquadra-se dentro da legislação federal relativa a lançamento de efluentes, (CONAMA, 2011). O material plástico encontrava-se úmido, com presença inclusive de larvas devido à decomposição de matéria orgânica impregnada e exalava forte odor. A Tabela 1 apresenta os resultados finais, em g/L, dos sólidos totais, dissolvidos e suspensos, fixos e voláteis, da caracterização primária.

Tabela 1: Resultados finais, em g/L, dos sólidos totais, dissolvidos e suspensos, fixos e voláteis, da caracterização primária do efluente.

Ensaio				
	Amostra	Amostra	Amostra	Média g/L
Sólidos totais	3,824	3,796	3,616	3,745
Sólidos totais voláteis	2,268	2,288	2,124	2,227
Sólidos totais fixos	1,556	1,508	1,492	1,519
Sólidos dissolvidos totais	1,680	1,700	1,704	1,695
Sólidos dissolvidos voláteis	0,856	0,856	0,864	0,859
Sólidos dissolvidos fixos	0,824	0,844	0,840	0,836
Sólidos suspensos totais	2,016	1,948	2,092	2,019
Sólidos suspensos voláteis	1,244	1,212	1,304	1,253
Sólidos suspensos fixos	0,772	0,736	0,788	0,765

Os valores encontrados encontram-se acima do estabelecido pela legislação de lançamento de efluentes, de acordo com a Resolução nº 430 da CONAMA (2011) para lançamento em um corpo d'água não devem constar materiais flutuantes e os sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes.

Pode-se estimar multiplicando a última coluna da Tabela 1 por 7000, a quantidade de sólidos presentes no efluente da recicladora, após os 11 dias de utilização dos 7m³ de água do processo de lavagem de filmes plásticos. Dos 26,215 kg de sólidos totais possíveis de serem encontrados, 15,589 kg correspondem aos sólidos totais voláteis e 10,633 kg são os sólidos totais fixos. Os sólidos dissolvidos totais correspondem a 11,865 kg, sendo que 6,013 kg são de sólidos dissolvidos voláteis e 5,852 kg são os sólidos dissolvidos fixos. Os sólidos suspensos totais podem ser estimados em 14,133 kg a cada

7000 litros de efluente, onde os sólidos suspensos voláteis correspondem a 8,771 kg e os fixos a 5,355 kg. A Tabela 2 representa os resultados dos sólidos, em quilogramas por metro cúbico de efluente:

Tabela 2: Resultados finais, em kg/m³, dos sólidos totais, dissolvidos e suspensos, fixos e voláteis, da caracterização primária do efluente.

	7m³ de efluente
Sólidos totais	26,215 kg
Sólidos totais voláteis	15,589 kg
Sólidos totais fixos	10,633 kg
Sólidos dissolvidos totais	11,865 kg
Sólidos dissolvidos voláteis	6,013 kg
Sólidos dissolvidos fixos	5,852 kg
Sólidos suspensos totais	14,133 kg
Sólidos suspensos voláteis	8,771 kg
Sólidos suspensos fixos	5,355 kg

A Tabela 3 apresenta os resultados dos sólidos sedimentáveis da caracterização primária do efluente. A média encontrada supera de forma significativa os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 430 (2011), tornando o efluente impróprio para descarte e com a necessidade de tratamento para qualquer fim a que se destine.

Tabela 3: Resultados de sólidos sedimentáveis da caracterização primária do efluente.

	Sólidos Sedimentáveis / litro			Média
	1ª análise	2ª análise	3ª análise	
Sedimento	15 mL/L	17 mL/L	12 mL/L	14,7 mL/L

3.2 Caracterização secundária do efluente

O material antes da lavagem encontrava-se com a massa de 0,353 kg. Após a lavagem a massa resultante ficou em 0,265 kg, caracterizando uma perda de 24,92%, correspondente a impurezas líquidas e sólidas. Tomando esse resultado como base, concluir-se que a cada tonelada de filmes plásticos, comprados pela recicladora, aproximadamente 250 kg correspondem a impurezas presentes no material e 750 kg são efetivamente plásticos. Na coleta do efluente a temperatura encontrava-se em 25°C e o pH em 6,2, dentro dos parâmetros de emissão de efluentes da resolução CONAMA 430/11. A Tabela 4 apresenta os resultados da série de sólidos totais, dissolvidos e suspensos, realizada na caracterização secundária do efluente.

Tabela 4: Resultados finais, em g/L, dos sólidos totais, dissolvidos e suspensos, fixos e voláteis, da caracterização secundária do efluente.

Ensaio				
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Média g/L
Sólidos totais	0,168	0,120	0,064	0,117
sólidos totais voláteis	0,176	0,144	0,064	0,128
Sólidos totais fixos	0,000	0,148	0,000	0,049
Sólidos dissolvidos totais	0,000	0,000	0,000	---
Sólidos dissolvidos voláteis	0,028	0,012	0,036	0,025
Sólidos dissolvidos fixos	0,000	0,000	0,000	---
Sólidos suspensos totais	0,208	0,204	0,192	0,199
Sólidos suspensos voláteis	0,088	0,108	0,076	0,091
Sólidos suspensos fixos	0,120	0,096	0,108	0,108

Ao avaliar o material antes do contato com o efluente torna-se possível mensurar, em média, a massa de sólidos presentes a cada quilo de material reciclado. A média mensal de lavagem em cada tanque é de 50.000 quilogramas de filmes plásticos. Foram utilizados 48 litros de água mineral para lavar 353 gramas de filmes plásticos, então cada litro foi responsável pela lavagem de 7,35 gramas de material. A análise de sólidos constatou que a cada litro de água analisada 0,117 gramas são de sólidos totais.

Constatou-se que os sólidos averiguados na caracterização secundária encontram-se majoritariamente suspensos no efluente de lavagem e em desacordo com a Resolução nº 430 da CONAMA (2011), que estabelece de ausência de matérias flutuantes. A ausência de sólidos dissolvidos totais e a presença de sólidos dissolvidos voláteis (ou os valores superiores de sólidos totais voláteis em relação aos sólidos totais) indicam problemas experimentais provavelmente relacionados à precisão das medidas. A grande quantidade de sólidos dissolvidos (totais, voláteis e fixos) na caracterização primária sugere que o impacto do material com a água pelas hastes do processo de lavagem, durante os onze dias de reuso, pode estar facilitando a dissolução de partículas, caracterizando o maior valor encontrado de sólidos dissolvidos totais na caracterização inicial. A Tabela 5 apresenta os resultados dos sólidos sedimentáveis da caracterização secundária do efluente.

Tabela 5: Apresentação dos resultados de sólidos sedimentáveis da caracterização secundária do efluente.

Sedimento	Sólidos Sedimentáveis / litro			
	1ª análise	2ª análise	3ª análise	Média
	1,4 mL/L	1,2 mL/L	1,3 mL/L	1,3 mL/L

A Tabela 6 apresenta a comparação dos resultados das Tabelas e 2 4, bem como da comparação das Tabelas 3 e 5. Não obstante da grande diferença de valores encontrados na Tabela 6, os resultados obtidos de sólidos sedimentáveis resultante do efluente de somente uma lavagem ainda se encontra fora do parâmetro de despejo da Resolução 430/2011, onde os sólidos sedimentáveis não podem ultrapassar o máximo de 1,0 mL/L, tornando necessário seu tratamento. A grande diferença encontrada nos sólidos totais pode estar associada ao uso da água do rio, que ao ser utilizada “*in natura*” carrega grande número de impurezas podendo agregar material sólido a lavagem. Os sólidos suspensos totais, assim como os sedimentáveis, são cerca 10 vezes menores que os obtidos com caracterizações de águas usadas na lavagem por vários dias.

Tabela 6: Comparativo dos resultados de sólidos da caracterização primária em relação à secundária do efluente.

	Caracterização inicial	Caracterização secundária
Sólidos sedimentáveis	14,7 mL/L	1,3 mL/L
Sólidos Totais	3,745 g/L	0,117 g/L
Sólidos dissolvidos	1,695 g/L	---
Sólidos suspensos totais	2,02 g/L	0,2 g/L

2.2. Tratamento do efluente por eletrólise

Enquanto os sólidos sedimentáveis são uma medida indireta da quantidade de lodo possível de ser gerada num processo simples de decantação, grandes quantidades de sólidos, em especial dissolvidos, como as obtidas na caracterização primária (Tabela 2), representam problemas para sistemas de tratamento, na medida em que precisam ser removidos ou, no mínimo, diminuídos. Dessa forma, a eletrólise, por ser reconhecidamente um método eficiente na remoção de sólidos, especialmente os dissolvidos, foi testada preliminarmente.

Foi possível observar que em apenas dois minutos de aplicação da corrente ocorreu flotação através da formação de pequenos flocos estáveis, espuma, acima das placas. O volume de flotação é progressivo e constante, de modo que a massa que se acumula na superfície torna-se mais espessa formando uma camada que impede a visualização do efluente pelo lado superior da célula. Simultaneamente ocorre sedimentação dos poluentes, ocasionada pela floculação, há coagulação do material por toda sua extensão.

Na Fig.1 pode-se observar o efluente nas quatro etapas da coleta, o primeiro tubo a esquerda contém o efluente inicial coletado do tanque de lavagem, no segundo, da esquerda para a direita, o efluente após 10 minutos de processo, no terceiro aos 20 minutos e no quarto tubo após 30 minutos. Observa-se uma nítida melhora no aspecto do efluente, obtendo-se, ao final do processo, um líquido bastante límpido.



Fig. 1: Amostras dos efluentes coletados durante o tratamento com eletrólise sendo, da esquerda para a direita: o efluente inicial coletado do tanque de lavagem; o efluente após 10 minutos de tratamento; após 20 minutos e após 30 minutos.

O tratamento produz reações eletroquímicas capazes de modificar quimicamente as substâncias que compõem os poluentes. Na solução em tratamento, a qual é denominada solução eletrolítica, pode ocorrer uma redução na concentração iônica, ocasionando a morte de micro-organismos. Podem ser gerados vários componentes tóxicos à viabilidade celular (inclusive gás cloro), causando a morte de micro-organismos. (OTENIO *et al*, 2008). Otenio (2010), ainda assinalou que a tecnologia eletrolítica é capaz de oxidar ou reduzir íons metálicos, compostos organoclorados, hidrocarbonetos aromáticos e alifáticos e seus derivados. Desta forma se após o tratamento, se o efluente resultante obtiver o grau exigido dentro dos padrões da legislação ambiental, até os padrões ao uso que se destina pode ser considerado tratado.

Testes sobre tratamento por eletrólise irão continuar, inclusive variando-se o material do eletrodo (substituição de ferro fundido por alumínio), visando otimizar as condições de tratamento dos efluentes da recicladora.

3. CONCLUSÃO

Os dados obtidos através da análise dos efluentes brutos permitiram, por meio de suas características físicas e químicas, relacionar a influência da quantidade de plásticos reciclados e o tempo de retenção deste efluente no tanque, com o volume de sólidos presentes na água residual. Este fator, mais os materiais que podem ter sido agregados através da água do rio que abastece o sistema, aliado ao volume de impurezas retiradas da lavagem do material plástico gerou um grande volume de sólidos suspensos, dissolvidos e fixos no efluente.

As diferentes origens do material, agregado o tempo de armazenamento, e o período de lavagem, permitem a decomposição da matéria orgânica e retenção de materiais sólidos externos, contribuindo para o aumento de sólidos retidos na lavagem. O tratamento eletrolítico, apesar da avaliação somente preliminar e visual, forneceu resultados que apresentaram boa melhora no efluente, com excelente capacidade de retenção de sólidos e materiais orgânicos. Com a continuidade dos estudos de otimização do tratamento será possível avaliar sua eficiência também em relação à quantidade de microrganismos presentes.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA; AWWA; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21th ed., American Public Health Association, Washington, 2005.

BRASIL. **CONAMA Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> Acesso em 03/12/2012.

GIACON, Rinaldo Luís. **Tratamento de Águas Residuárias da Industrialização de Frutas Cítricas Pelo Processo Eletrolítico**. 1993. 200p. Monografia (Mestrado em Engenharia Civil, Área de Concentração: Saneamento e Recursos Hídricos) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

OTENIO, M. H.; PANCHONI, C.; CRUZ, G. C. A.; RAVANHANI, C.; BIDÓIA, E. D. **Avaliação em escala laboratorial da utilização do processo eletrolítico no tratamento de águas**. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 3, 508-513, 2008

OTENIO, M. H.; CLARO, E. M. T.; SILVA, N. M. M. G.; SANTOS, V. **Avaliação (em escala laboratorial) da aplicação do processo eletrolítico em efluente de lagoa de estabilização de esgoto urbano**. *Quim. Nova*, Vol. 33, No. 3, 557-561, 2010